Techn. 1905 Schucht.

DIE FABRIKATION

DES

SUPERPHOSPHATS

UND

THOMASPHOSPHATMEHLS.

EIN HÜLFSBUCH

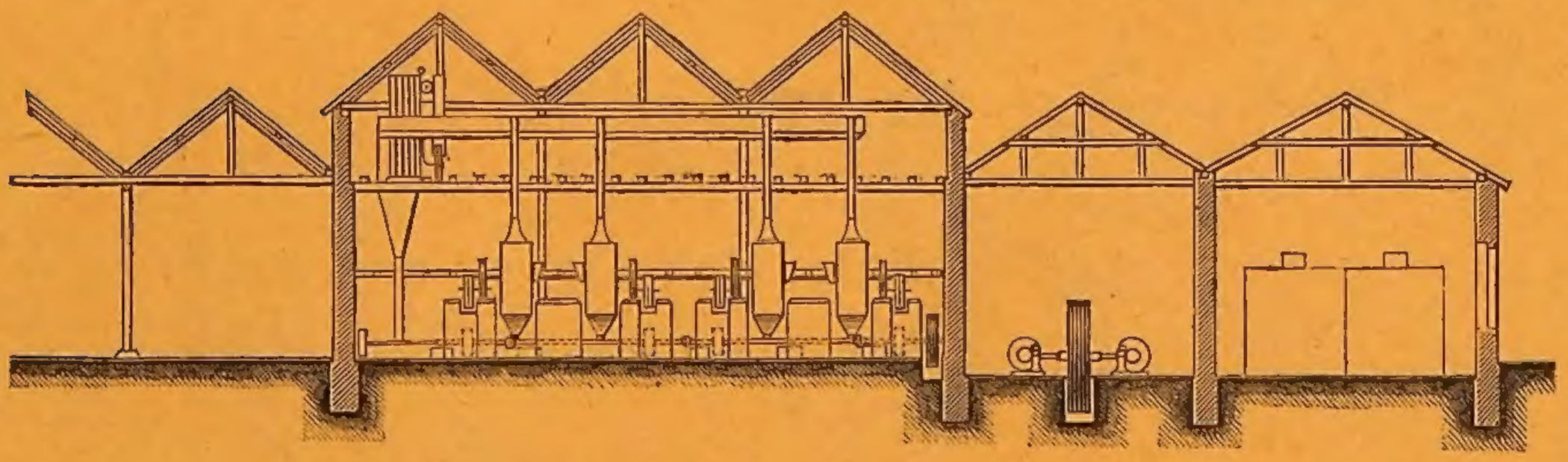
FÜR DEN

DÜNGERCHEMIKER IM BETRIEBE UND LABORATORIUM

VON

LUDWIG SCHUCHT,

FABRIKCHEMIKER IN ST. INGBERT (BAYR. PFALZ).



MIT 56 EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1894.

25 k

ANKÜNDIGUNG.

Das vorliegende Werk fusst auf persönlichen Erfahrungen des Verfassers, die er sowohl in der Praxis stehend, als auch im Laboratorium thätig, seit einer längeren Reihe von Jahren zu sammeln Gelegenheit hatte. Es bietet speciell den Fabrikanten die neuesten Errungenschaften auf dem Gebiete der Fabrikation des Superphosphats und des Thomasphosphatmehls, erläutert durch eine grosse Anzahl von Skizzen oder eingehenderen Abbildungen der neuesten Maschinen und Apparate und bildet somit einen kundigen Führer für den praktischen Techniker wie eine Anleitung für das Studium dieses Zweiges der angewandten Chemie.

Braunschweig, im August 1894.

Friedrich Vieweg und Sohn.

DIE FABRIKATION

DES

SUPERPHOSPHATS

UND

THOMASPHOSPHATMEHLS.

DIE FABRIKATION

DES

SUPERPHOSPHATS

UND

THOMASPHOSPHATMEHLS.

EIN HÜLFSBUCH

FÜR DEN

DÜNGERCHEMIKER IM BETRIEBE UND LABORATORIUM

VON

LUDWIG SCHUCHT,

FABRIKCHEMIKER IN ST. INGBERT (BAYR. PFALZ).

MIT 56 EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1894.

Alle Rechte vorbehalten.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

VORWORT.

Die vorhandenen Lehrbücher der Düngerfabrikation sind theils veraltet, theils nicht speciell für den Fabrikanten geschrieben. Es ist deshalb im vorliegenden Buche versucht worden, neben der Theorie das Neueste der Fabrikation des Superphosphats und des Thomasphosphatmehls, der zur Zeit den Markt beherrschenden Phosphorsäuredünger, die Maschinen, Apparate, die Arbeitsweise u. s. w. in kurzen Zügen zu beschreiben, überhaupt ein Bild des ganzen Betriebes zu geben.

Alles hierin Aufgeführte entspricht den Erfahrungen, die vom Verfasser in langjähriger Stellung in mehreren besteingerichteten Düngerfabriken im Betriebe wie im Laboratorium gemacht und erprobt sind.

Diese Arbeit ist auf Anrathen eines bekannten Technologen dem Drucke übergeben.

St. Ingbert, im Juli 1894.

Der Verfasser.

INHALTSVERZEICHNISS.

I.

A. Superphosphatfabrikation: Seite

1. Theoretischer Theil . . . . . 1 bis 23
   a) Allgemeines über die Phosphat- und Superphosphatindustrie . . . . . 1 „ 6
   b) Theorie des Aufschlusses der Phosphate . . . . . 6 „ 23
2. Technischer Theil . . . . . 23 „ 92
   a)
   1. Die Schwefelsäure . . . . . 23 „ 32
   2. Die Zerkleinerung der Phosphate . . . . . 32 „ 49
   3. Die Aufschliessung der Phosphate . . . . . 49 „ 67
   4. Die Trocknung feuchten Superphosphats . . . 67 „ 71
   5. Die Zerkleinerung des Superphosphats . . . . 71 „ 76
   6. Die Herstellung der Mischungen . . . . . 76 „ 83
   7. Die Expedition der fertigen Waare . . . . . 83 „ 87
   b) Die Anlage und Einrichtung der Fabrik . . . . . 87 „ 92
3. Calculationen . . . . . 92 „ 102

B. Fabrikation von Phosphorsäure, Doppelsuperphosphat und Düngesalzen . . . . . 102 „ 108

II.

Thomasphosphatmehlfabrikation . . . . . 108 „ 118

III.

Untersuchung der Düngemittel . . . . . 119 „ 142

IV.

Tabellen und Verschiedenes . . . . . 143 „ 188

Die Herstellung des Superphosphats, des Hauptartikels der Düngerfabrikation, bezweckt die Löslichmachung oder die Ueberführung des unlöslichen dreibasisch-phosphorsauren Kalks der in Masse auftretenden Naturproducte in löslichen, sauren phosphorsauren Kalk.

Die Bezeichnung (Calcium-, Kalk-) Superphosphat rührt daher, dass der saure phosphorsaure Kalk seiner Löslichkeit wegen über der Phosphorsäure des Phosphats steht; man sagt im Handel und in der Landwirthschaft, wie auch im Betriebe kurzweg Superphosphat, weil der Kalk nebensächliche Bedeutung hat oder weil von anderen Basen als dieser eigentlich keine Rede ist. Die Phosphorsäure des sauren phosphorsauren Kalks bezeichnet man mit „wasserlösliche Phosphorsäure".

Die geschichtliche Entwickelung der Superphosphatfabrikation ist kurz folgende [1]): Im Jahre 1840 machte J. v. Liebig England den Vorschlag, die Wirksamkeit des schon früher hergestellten Knochenmehls durch Zusatz von Schwefelsäure zu erhöhen. Der Landwirth Fleming in Barochan war der Erste, welcher diesen Aufschluss, wie auch den von Coprolithen praktisch ausführte, und zwar in seiner Scheune für eigenen Gebrauch. Der Knochenmehlfabrikant Lawes stellte zuerst in seiner Fabrik in Deptford 1843 Superphosphat in grösserem Maassstabe als Handelswaare her, namentlich aus Coprolithen. Seine Nachfolger bei uns waren 1850 Stackmann und Retschy in Lehrte; hierauf entstanden bis 1857 drei Düngerfabriken am Rhein, darunter als erste die von G. C. Zimmer, Mannheim, dann die Harburger Fabrik Gunter, Schröder und Cie., H. und E. Albert in Biebrich und Ende 1862 die von E. Güssefeld in Hamburg, welch' Letzterer zuerst den schon vor 1860 eingeführten Bakerguano aufschloss. Etwa ein Jahr später wurde durch Ohlendorff u. Cie. in Hamburg die Aufschliessung des bereits im Jahre 1841 importirten Peruguanos in Angriff genommen. Im Jahre 1870 waren in Deutschland 50 Fabriken im Betriebe, jetzt deren 90, die ihren Säurebedarf aus 70 Schwefelsäurefabriken entnehmen können, mit rund 7000 Arbeitern und über 600000 Tonnen Superphosphatproduction, während man 1867 nur 1000 Tonnen, 1872 7000 und 1883 400000 Tonnen herstellte. Es wurde in der guten alten Zeit in den Superphosphatfabriken nur bis drei Monate im Frühjahre und einige Wochen im Herbste gearbeitet; diese stille Zeit ist längst verschwunden,

die stete Steigerung des Superphosphatconsums brachte es mit sich, dass die einfache, durch Handbetrieb vermittelte Fabrikationsweise allmälig einer unausgesetzten maschinellen gewichen ist.

Schon vor Liebig's Vorschlage sind Versuche gemacht, die fein gemahlenen Rohphosphate zum Düngen zu verwenden. Anfangs waren diese Versuche ohne jedes Ergebniss, später setzte man sie mit staubfeinen Mehlen fort und fand, dass auf feuchtem, saurem Boden, wie auf Moorland, der phosphorsaure Kalk nach und nach zur Lösung und Wirkung kommt. Nach P. Wagner's verdienstvollen Arbeiten sind aber Phosphate, abgesehen vom Peru- und Fischguano, sowie von leimhaltigem Knochenmehl, wenn auch in feinster Mahlung, nicht zu einem wirksamen Düngemittel geeignet; die dichten Mineralphosphate, wie die Apatite, das Sombrerophosphat u. s. w., können sogar als unlöslich in Wasser betrachtet werden. An entsprechenden Düngungsversuchen und Aufforderungen zu dieser billigen und einfachen Rohphosphatdüngung hat es nicht gefehlt*). Zuerst wurden die weichen Guanosorten zu den Versuchen benutzt, dann Phosphate und Phosphorite; erstere kamen wohl im Boden zur Lösung, da ihre organische Substanz in Fäulniss übergeht und die entstehenden Fäulnissproducte unter Ammoniakentwickelung im Verein mit der Bodenkohlensäure lösend auf den phosphorsauren Kalk wirken. Freilich wurden in sauren, humosen Böden, wie in Hochmooren auch mit Phosphoritmehlen günstige Resultate erzielt und es lag, wie man bald nachwies, der Grund dafür darin, dass in diesen Mooren Schwefelverbindungen vorkommen, die sich zu freier Schwefelsäure oxydiren, welche mit der Bodensäure den phosphorsauren Kalk aufschloss.

Die von den Pflanzen an den Spitzen ihrer Wurzelhärchen sich ausscheidenden organischen und unorganischen Säuren, hauptsächlich Oxalsäure und Kohlensäure, sind so schwach, dass sie nur halbsauren und vierbasisch-phosphorsauren Kalk in Lösung zu bringen vermögen.

Auch L. Grandeau, Nancy, und A. Petermann, Gembloux, beschäftigten sich mit diesen Düngungsversuchen, und zwar führten sie diese mit feinstgemahlener belgischer Phosphatkreide aus, ohne dass aber auch durch sie diese Düngung allgemeinen Eingang fand. Diese Versuche der Rohphosphatdüngung sind jedoch noch nicht aufgegeben, man lässt nicht davon ab, trotzdem es bei der Düngung darauf ankommt, dass die Phosphorsäure von den Pflanzen schnell aufgenommen wird. In neuerer Zeit mischt man unreines Phosphat mit gebranntem Kalk und löscht diesen, bez. glüht man an kohlensaurem Kalk reiche Phosphate, um dadurch die Löslichkeit der Phosphorsäure zu erhöhen; es ist sogar ein amerikanisches Patent auf dieses werthlose Verfahren ertheilt.

Die Culturversuche im Grossen und Kleinen haben aber die Unwirksamkeit der Rohphosphate als Düngemittel endgültig als zweifellos er-

---

*) Emmerling, Landw. Wochenblatt f. Schleswig-Holstein 1890, Nr. 3.

geben *), was man am besten schliesslich noch daraus ersieht, dass nach der P. Wagner'schen Bestimmungsmethode der citratlöslichen Phosphorsäure (siehe S. 130) sich aus

deutscher Thomasschlacke . .	60 bis 93	Proc.	Phosphorsäure,
böhmischer „	43	„	„
Knochenmehl, Benzinentfettetem . .	40	„	„
Craie grise	6	„	„
Somme und Lütticher Phosphat . .	5	„	„
Malognephosphat	1	„	„

lösen.

In Folge des gestiegenen Bedarfs an Superphosphat ging das gute reine Phosphat, über welches man noch bis 1880 verfügte, immer mehr zu Ende; es wurde wegen der drängenden Nachfrage theurer und man dachte schon daran, die eisenreichen Phosphate zu verarbeiten, als sich im Jahre 1888 in Florida plötzlich ein reiches Phosphatlager fand [9]) **). Diese, ein ziemlich gutes — hochprocentiges und weiches — Material bergenden Phosphatminen erstrecken sich in einer Länge von 300 engl. Meilen von Süden nach Norden quer durch die Halbinsel und versorgen die Superphosphatfabriken auf unabsehbare Zeit hin. Seit dem Auffinden dieser unerschöpflich scheinenden Lager ist das Phosphat, welches von etwa 20 Gesellschaften gefördert wird, um 40 Proc. im Preise zurückgegangen (1891 kamen 182000 Tonnen, 1892 355000 Tonnen zur Verladung). Die Fundorte der mineralischen Phosphate erstrecken sich über die ganze Welt, hauptsächlich liegen sie auf den Westindischen Inseln, in den Vereinigten Staaten, in Frankreich, Belgien, Norwegen und in Spanien. Die wenigen uns in Deutschland zu Gebote stehenden Phosphate sind die Lahnphosphorite und Coprolithen bezw. Knollenphosphate; bedeutende andere Phosphatablagerungen sind bis jetzt noch nicht entdeckt, und die geologischen Bildungen weisen auch nicht auf solche hin. Von den Lahnphosphoriten [3]) sind die besseren Lager schon längst erschöpft, und das übrig gebliebene, stark eisen- und thonhaltige Material wird zur Herstellung von Phosphorsäure, bezw. von Doppelsuperphosphat und phosphorsauren Salzen verwandt. In den 70er Jahren betrug die Förderung noch 25000 Tonnen, ist seitdem aber immer mehr zurückgegangen.

Die Coprolithen (Excremente von Wirbelthieren — Sauriern), wie die harten, steinigen Pseudocoprolithen (Knollenphosphate) finden sich auf secundärer Lagerstätte in den verschiedensten Formationen, vornehmlich in der tertiären, Kreide- und Juraschicht, und in der norddeutschen Ebene, z. B. bei Peine; sie wurden zuerst bei Helmstedt bei Gelegenheit des Durchstiches der Magdeburg-Braunschweiger Bahn von C. Funke gefunden. Am Harze, in der Umgegend von Vienenburg und Harzburg,

---

*) Verhandlungen der deutschen Naturforscher in Nürnberg, 12. Nov. 1893. Deutsche landw. Presse, Berlin 1894, Nr. 12 — 14.

**) Zeitschr. f. angew. Chem. 1891, S. 111; Chem. Zeitg. 1892, S. 65.

wurden noch in den Jahren 1885 und 1886 Coprolithen gegraben und in Oker abgesiebt und gewaschen; dieses Material fand bis zum Jahre 1887 in der Vienenburger Fabrik von H. J. Merck & Cie., Hamburg, Verwendung. Leider hat aber dieses Phosphat wegen seines zerstreuten Vorkommens und der geringen Mächtigkeit seiner Lager keine grosse Bedeutung für die Superphosphatindustrie gefunden.

Man kann wohl davon absehen, von den bis jetzt zum Aufschluss gelangten Phosphaten eine Beschreibung zu geben, diese gehört in die Geschichte der Phosphatindustrie und es ist in der angeführten Literatur darüber ausführlich berichtet, namentlich in Muspratt's Techn. Chem.[2]) und in Barth, Die künstlichen Düngemittel[10]). Barth beschreibt die Phosphate nach dem geologischen Alter der Schichten.

Von den ausländischen Phosphaten werden die früher so sehr beliebten Knochenphosphate immer seltener und schlechter, und vom Baker- und Mejillonesguano ist nichts mehr zu bekommen, trotzdem noch Vorräthe vorhanden sind. Dasselbe ist mit dem Curaçaophosphat, dem besten und hochprocentigsten der Mineralphosphate, der Fall; der hohe Exportzoll trägt die Schuld daran; sie erinnern nur noch an die Zeit, in der man unter dem reichlich angebotenen Rohmaterial Auswahl treffen konnte. Knochenkohle — bei uns das Material für die ersten Superphosphatfabriken — stand schon früher hoch im Preise und ihre Verwendung zum Aufschluss wird bald ganz aufhören, da dieselbe in den Zuckerfabriken immer mehr durch Kies und Schwefligsäure verdrängt und auch in dem Raffinationsverfahren überflüssig wird (D. R.-P. von F. Soxhlet, Nr. 70987). Auf Mineralphosphate, wie Sommephosphat, Carolinaphosphat, das beliebte löcherige und knollige Material, auf Arubaphosphat, russische Coprolithen, die bekannten Kugeln mit concentrisch strahlenförmigem Gefüge, Apatit u. s. w., war man schon seit mehreren Jahren angewiesen. Die seit dem Jahre 1886 bekannten Sommephosphate verschwinden allmälig wieder vom Markte, nachdem die besten Lager ausgebeutet sind; die beiden Carolinaphosphate, von denen 1892 noch 650000 Tonnen gefördert wurden, müssen theuer bezahlt werden, da man sie zu vier Fünftel in Amerika selbst verarbeitet, wie auch der canadische Apatit mit 30000 Tonnen jährlicher Ausbeute. Von den Guanophosphaten sind ausser dem immer ärmer werdenden Peruguano*) nur noch Jarvis-, Malden- und Howlandsguano erhältlich. Die belgischen Phosphatgruben besitzen nicht viel reiches Material, bringen dafür aber grosse Mengen von Phosphatkreide mit bis 60 Proc. kohlensaurem Kalk auf den Markt, jedoch ist dieses Phosphat wegen des sehr hohen Kalkgehaltes ohne Weiteres für die Superphosphatfabrikation nicht geeignet; man erhitzt es in neuerer Zeit zum Schmelzen, um vierbasisch-phosphorsauren Kalk zu erzeugen und es als directes Düngemittel, wie das Thomasphosphatmehl, zu verwenden.

---

*) L. Meyn, Die richtige Würdigung des Peruguanos, Halle 1872.

Die Eisenphosphate, wie z. B. das hellgrüne Los-Roquesphosphat mit 37 Proc. P_2O_5, $40^1/_2$ Proc. $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ und 1 Proc. CaO, die Thonerdephosphate, wie das westindische Redondaphosphat mit 20 bis 25 Proc. H_2O, 30 bis 39 Proc. P_2O_5, 25 bis 40 Proc. Al_2O_3, 10 Proc. Fe_2O_3 und das Alta-Velaphosphat mit 17 bis 19 Proc. H_2O, 11 bis 26 Proc. P_2O_5, 20 bis 22 Proc. Al_2O_3, 3 bis 7 Proc. Fe_2O_3, kommen für unsere Fabrikation nicht in Betracht, und man verwendet diese Materialien am besten zur Phosphorfabrikation oder zur Darstellung von phosphorsauren Salzen (siehe S. 21 und D. R.-P. Nr. 47044).

Ein Bild über die jährliche Gewinnung und Vertheilung der Phosphate giebt uns die Zeitschr. f. angew. Chem. 1892, S. 503:

Südcarolina	600000	Tonnen
Frankreich	450000	„
Florida	200000	„
Belgien	200000	„
Deutschland	40000	„
England	20000	„
Canada	15000	„
Norwegen, Russland u. s. w.	100000	„
	1625000	Tonnen

Davon verwenden:

Vereinigte Staaten	500000	Tonnen
England	300000	„
Frankreich	350000	„
Deutschland	250000	„
Belgien und Holland	75000	„
Italien, Spanien, Schweden	150000	„
	1625000	Tonnen

Hasenclever*) schätzt den jährlichen Phosphorsäurebedarf für die landwirthschaftlichen Erzeugnisse Deutschlands auf 640275 Tonnen; hiervon werden verwandt:

500000 Tonnen	Superphosphat	15 Proc.	75000 Tonnen	P_2O_5,
450000 „	Thomasphosphat	17 „	76500 „	P_2O_5,
45200 „	Guano	10 „	4520 „	P_2O_5
			156020 Tonnen	P_2O_5.

Demnach fehlen 484255 Tonnen Phosphorsäure, welche Menge durch thierische und menschliche Excremente gedeckt werden könnte, wenn der Verlust nur $12^1/_2$ Proc. betrüge; in Wirklichkeit gehen aber etwa 50 Proc. verloren, und hiernach bleibt noch ein Fehlbetrag von 207470 Tonnen

*) Jahrb. deutsch. Landw. Ges. 1892, S. 57.

Phosphorsäure. Es wird dann weiter berechnet, dass das Phosphorsäurebedürfniss für Deutschland 960000 Tonnen beträgt, wenn für 1 Hektar soviel geerntet werden soll wie in England, demnach noch 320000 Tonnen Phosphorsäure fehlen*).

Die Aussichten auf fernerhin gesteigerte Düngung sind also glücklicher Weise vorhanden; jedoch ist es für die Düngerindustrie sehr beklagenswerth, dass sie dem ausländischen Fabrikat gegenüber keinen Schutz geniesst. Während andere Staaten, wie z. B. die Schweiz, einen Zoll auf Superphosphate eingeführt haben, ist durch die neuen Handelsverträge der belgischen und französischen Superphosphatindustrie — diese beiden Länder haben billige Säure aus Zinkblende und eigenes Phosphat —, sowie der englischen auf zwölf Jahre die zollfreie Einfuhr ihrer Fabrikate nach Deutschland gestattet; allein von England wurden im Jahre 1890 bei uns 81395 Tonnen Superphosphat importirt — im Ganzen 153390 Tonnen —, während es zehn Jahre früher nur der zehnte Theil war. Diese zu viel niedrigerem Preise hergestellte ausländische Waare, die der unserigen in jeder Beziehung nachsteht — hauptsächlich ist dies bei der englischen der Fall —, wie selbst von unseren Landwirthen anerkannt wird, macht der deutschen Industrie eine unermessliche Concurrenz, und die zukünftige Entwickelung derselben erscheint wenig hoffnungsvoll, wenn sich nicht der Landwirth selbst gegen die fremde Einfuhr einer Waare wehrt, die ihm im Vaterlande in weit besserer Qualität zu Gebote steht.

Theorie des Aufschlusses.

Der natürlich vorkommende phosphorsaure Kalk ist das basische Salz der dreibasischen Orthophosphorsäure, $Ca_3(PO_4)_2$; ausserdem bildet diese Phosphorsäure noch zwei andere Kalksalze, den halbsauren oder neutralen phosphorsauren Kalk, $CaHPO_4$, $2H_2O$, und den sauren phosphorsauren Kalk, $CaH_4(PO_4)_2, H_2O$. Die Herstellung des letzteren Salzes ist das vom Fabrikanten zu erstrebende Ziel; dieses Salz soll das Product des Aufschlusses des basisch phosphorsauren Kalks sein. Der halbsaure phosphorsaure Kalk spielt jedoch, wie wir noch sehen werden, in der Düngerindustrie ebenfalls eine Rolle, wenn auch eine untergeordnete, und man nennt diese Phosphorsäure im Gegensatz zur obigen wasserlöslichen „citrat- oder bodenlöslich“.

Der saure phosphorsaure Kalk krystallisirt in farblosen, an der Luft verwitterbaren Blättchen und Schüppchen von saurer Reaction und nicht hygroskopischer Eigenschaft. Nach Jul. Stoklasa**) löst sich ein

---

*) Chem. Ind. 1892, S. 47.
**) Landw. Versuchsst. 1890. S. 197.

Theil dieses Salzes ohne Zersetzung in 200 Thln. Wasser. Die früheren Löslichkeitsangaben sind falsch, weil die Versuche mit freie Phosphorsäure enthaltendem sauren phosphorsauren Kalk angestellt wurden; so sollte das Löslichkeitsverhältniss nach H. Otto 1:25, wobei nach Stoklasa $12^1/_2$ Proc. saurer phosphorsaurer Kalk zersetzt werden, nach H. Wartenberg 1:144 und nach E. Erlenmeyer sogar 1:700 sein*). Beim Kochen der wässerigen Lösung zerlegt sich das Salz in halbsauren phosphorsauren Kalk und freie Phosphorsäure.

Die Zersetzung des phosphorsauren Kalks mit Schwefelsäure, der am schnellsten und energischsten wirkenden, wie der billigsten und hauptsächlich deshalb allgemein angewandten Säure, zu saurem phosphorsauren Kalk erfolgt nach

1. $$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 + 5H_2O = [CaH_4(PO_4)_2,\ H_2O] + 2(CaSO_4,\ 2H_2O).$$

Das Wasser ist nöthig, wie man sieht, um den beiden entstandenen Salzen das Krystallwasser zu geben und um überhaupt die Zersetzung zu erleichtern. Die auskrystallisirenden Salze, namentlich der schwefelsaure Kalk, bewirken ein Erstarren des Breies und können sich bei weniger Wasser Theile phosphorsauren Kalks, welche sich zusammenklumpen, der Einwirkung der Säure entziehen. Wie man durch Versuche nachweisen kann, werden bei obigem Aufschliessungsprocesse zuerst nur zwei Drittel des phosphorsauren Kalks unter Phosphorsäurebildung zerlegt und der Rest unangegriffen gelassen; dann verbindet sich aber diese Phosphorsäure mit diesem Drittel zu saurem phosphorsauren Kalk:

2. $$3Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2SO_4 + 12H_2O = [4H_3PO_4 + Ca_3(PO_4)_2] + 6(CaSO_4,\ 2H_2O),$$

3. $$4H_3PO_4 + Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2O = 3[CaH_4(PO_4)_2, H_2O].$$

Vermischt man nach Formel 1. 310 Thle. phosphorsauren Kalk mit 196 Thln. Schwefelsäurehydrat und 90 Thln. Wasser, verdünnt den Brei schnell mit viel Wasser und filtrirt sofort ab, so findet man im Filtrate etwa zwei Drittel der Phosphorsäure als freie Phosphorsäure (s. S. 127) Verdünnt man die Masse jedoch erst nach ihrer vollständigen Erhärtung, so ist im Filtrate sämmtliche Phosphorsäure als saurer phosphorsaurer Kalk vorhanden. Der erste Process geht sehr schnell vor sich, der zweite langsamer, weil die Phosphorsäure schwächer als die Schwefelsäure ist.

Bei einer ungenügenden Menge Schwefelsäure bildet sich anfangs erwähnter halbsaurer phosphorsaurer Kalk**):

4. $$Ca_3(PO_4)_2 + H_2SO_4 + 6H_2O = 2[CaHPO_4,\ 2H_2O) + (CaSO_4,\ 2H_2O),$$

---

*) Zeitschr. f. analyt. Chem. **19**, S. 243.

**) Man kann dieses Salz durch Lösen von dreibasisch phosphorsaurem Kalk in Essigsäure und Kaltstellen der Lösung gewinnen, siehe Gmelin's Handbuch II, S. 371.

indem der entstehende saure phosphorsaure Kalk sich mit dem überschüssigen dreibasisch phosphorsauren Kalk umsetzt:

5. $CaH_4(PO_4)_2, H_2O + Ca_3(PO_4)_2 + 7H_2O = 4(CaHPO_4, 2H_2O)$.

Diesen Vorgang nennt man das „Zurückgehen der Phosphorsäure“, wie überhaupt das Wiederunlöslichwerden der löslich gemachten Phosphorsäure.

Mit überschüssiger Schwefelsäure tritt vollständige Zersetzung des phosphorsauren Kalks ein:

6. $Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 + 6H_2O = 2H_3PO_4 + 3(CaSO_4, 2H_2O)$.

Salpetersäure und Salzsäure, wie auch Flusssäure, schliessen im Gegensatz zur Schwefelsäure nur bis zum sauren phosphorsauren Kalk auf:

7. $$Ca_3(PO_4)_2 + 4HNO_3 + 9H_2O = CaH_4(PO_4)_2, H_2O + 2[Ca(NO_3)_2, 4H_2O].$$

Man kann also mit diesen Säuren, da freie hygroskopische Phosphorsäure nicht entsteht, trockenes Superphosphat erhalten. Die Salpetersäureproduction reicht aber zu dieser technischen Verwendung nicht aus, und die Salzsäure wird, wo sie am Platze ist, nur als Zusatz, bis zu 10 Proc. der Säuremenge, verwandt, nicht mehr wie zeitweise früher allein, da sie Chlorcalcium mit stark hygroskopischen Eigenschaften bilden lässt, welches auch seiner ätzenden Wirkung wegen in der vorhandenen Menge von 40 bis 50 Proc. den Pflanzen schädlich ist. Das von der Salzsäure bezw. von dem dem Phosphat beigemischten Kochsalz oder Chlorkalium gebildete Chlorcalcium wird durch Schwefelsäure in schwefelsauren Kalk und Chlorwasserstoffsäure zersetzt, welche letztere wieder aufschliessend wirkt.

Die theoretischen, zum Aufschluss erforderlichen Mengen Schwefelsäure und Wasser sind nach Formel 1. zu berechnen:

$Ca_3(PO_4)_2$	=	P_2O_5	=	$2H_2SO_4$	=	$2SO_3$	=	$7H_2O$
310		142		196		160		126
1		—		0,632		0,516		0,406
		1		1,380		1,127		0,887

Der reine phosphorsaure Kalk gebraucht demnach

$100 \times 0{,}516 = 51{,}6$ Thle. SO_3 und
$100 \times 0{,}406 = 40{,}6$ Thle. H_2O =

92,2 Thle. Säure mit 55,96 Proc. SO_3.

Nach unserer Tabelle (S. 146) entsprechen diese 55,96 Thle. SO_3 einer Schwefelsäure vom specif. Gewichte 1,600 = 120° Tw. (54,1° B.); siehe Seite 25.

Muss man im Betriebe mit einer Säure von bestimmter Grädigkeit, z. B. bei eigener Säurefabrik mit Kammersäure von 1,530 specif. Gewicht = 106° Tw. (50° B.), aufschliessen, so rechnet man wie folgt: Säure von

1,530 specif. Gewicht enthält 51,04 Thle. SO_3, also entsprechen obige 51,6 Thle. SO_3, nach $51{,}04 : 100 = 51{,}6 : x$, 101,2 Thle. von 106° Tw. (50° B.).

Soll bei der Berechnung von dem Concentrationsverhältniss der Säure abgesehen werden, so rechnet man nach $100 \times 0{,}632 = 63{,}2$ Thle. $H_2SO_4 = 81{,}0$ Thle. Säure von 1,710 specif. Gewicht = 142° Tw. (60° B.) = 101,2 Thle. von 106° Tw. (50° B.).

Die Rohphosphate enthalten ausser phosphorsaurem Kalk je nach ihrer Gattung mehr oder weniger fremde Bestandtheile, die Schwefelsäure beanspruchen; es sind dies: kohlensaurer Kalk, Eisenoxyd, Thonerde, Fluorcalcium, Chlorcalcium und zersetzbare Silicate. Magnesia findet sich meistens nur in geringen Mengen vor; ihr phosphorsaures Salz schliesst sich wie der halbsaure phosphorsaure Kalk, welcher neben pyrophosphorsaurem Kalk als Brushit in den Krusten einiger Guanophosphate, wie im gypshaltigen Jarvisguano, im Enderbury-, Baker-, Starbuck-, Islandguano etc. und in der Aetzkalk enthaltenden fein porösen Knochenasche aus den La Platastaaten und Brasilien vorkommt, nach

$$2\,MgHPO_4 + H_2SO_4 + 2\,H_2O = [MgH_4(PO_4)_2,\ 2\,H_2O] + MgSO_4$$

bezw. nach

$$MgHPO_4 + H_2SO_4 = H_3PO_4 + MgSO_4$$

auf.

$$Ca_2P_2O_7 + H_2SO_4 = CaH_2P_2O_7 + CaSO_4.$$

Auch diese sauren Salze sind nicht hygroskopisch, werden aber durch Wasser nicht zersetzt.

Die Apatite enthalten die Phosphorsäure als $3\,Ca_3(PO_4)_2$, CaO.

Die Schwefelsäure greift beim Aufschluss der Rohphosphate zuerst die kohlensauren Salze an, hiernach den phosphorsauren Kalk und nach und nach, je nach dem Grade ihrer Löslichkeit, die anderen Bestandtheile. In Folge der chemischen Zersetzung und der sehr schnell vor sich gehenden Gypsbildung findet eine energische Reaction statt. Ein Gehalt von einigen Procenten kohlensaurem Kalk, etwa 5 Proc., ist, trotzdem ein solcher das Superphosphat wegen des grösseren Säureverbrauches vertheuert, für den Aufschluss selbst günstig, da die Masse durch die Entbindung der Kohlensäure die nöthige Wärme zur weiteren vollen Zersetzung des Phosphats erhält und durch das Aufgehen in Folge Entweichens der Kohlensäure wie auch der anderen sich bildenden Gase porös wird, wie „das Brot im Backofen“ und daher leicht austrocknet.

Mischungen von Phosphaten ohne kohlensauren Kalk bleiben mit Säure oft „todt und kalt“, erwärmen sich also nur wenig, schliessen sich deshalb nur langsam auf und trocknen meistens schwer, weswegen man sich beim Aufschluss solcher Phosphate, wie z. B. der Apatite, mit Vortheil heisser Säure bedient (siehe S. 50). Wenn man es haben kann, stellt man sich zum Aufschluss passende Mischungen her, vermischt also diesen Apatit z. B. mit belgischer Phosphatkreide.

Natürlich entsteht aus dieser Mischung, wenn man sie auch so gut wie möglich bereitet hat, das Superphosphat nicht in so gleichmässiger Form, als wenn das Phosphat schon von Natur aus mit dem kohlensauren Kalk innig verbunden, der phosphorsaure Kalk hiermit gleichsam imprägnirt erscheint, wie es z. B. in den deutschen und englischen Coprolithen der Fall ist. Diese Bildung findet ihre Erklärung darin, dass zur Zeit ihrer Entstehung phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk sich zugleich in Lösung befunden und sich zugleich niedergeschlagen haben, während bei anderen Phosphaten der kohlensaure Kalk vom phosphorsauren Kalk ungleichmässig eingeschlossen ist, wie Kalkspath im Arubaphosphat, in russischen Coprolithen, wie Muschelkalk in Phosphatguanos u. s. w.

Erstere Art der Vermischung ist im Phosphat mit blossem Auge im Gegensatz zu letzterer nicht zu erkennen, und man muss sich schon einen Schliff herstellen, den man einer Behandlung mit verdünnter Salzsäure unterwirft.

Der Säureverbrauch für die kohlensauren Salze kann genau berechnet werden, auch noch der für die ungebundenen und phosphorsauren Sesquioxyde, nicht aber der für die Zersetzung der Silicate, und führt zur Bestimmung der zum Aufschluss nöthigen Säuremenge nur der empirische Weg zum Ziele (s. S. 15).

Ueber die Säureberechnungsfactoren siehe Seite 8 und 159. Nach v. Gruber [13]) wird die Säuremenge auch so berechnet, dass man die annähernd der Sättigung von zwei Atomen Kalk entsprechende Zahl von 1,1 Thle. Schwefelsäure von 1,530 spec. Gewicht = 106° Tw. (50° B.) und die zur Sättigung des kohlensauren Kalks und der Sesquioxyde nöthige Säure addirt oder aber, dass man nach der Analyse sämmtlichen Kalk bis auf die Menge, welche zur Bildung von saurem phosphorsauren Kalk erforderlich ist, und die Sesquioxyde mit Schwefelsäure sättigt. Letztere Methode ist die richtigste, weil sie in sehr vielen Fällen zutrifft.

Fluor- und Chlorcalcium werden von der Schwefelsäure in der Wärme, über 40°, angegriffen, weshalb man, um volle Zersetzung herbeizuführen, die Mischungen möglichst lange heiss halten muss. In Salzsäure sind beide Salze unlöslich.

Bei der Zersetzung der Silicate scheidet sich die Kieselsäure als in Schwefelsäure unlöslich in dicker, gallertartig aufgequollener Form aus, welche bei verhältnissmässig grossen Mengen Theile von phosphorsaurem Kalk einschliessen kann. Schwefelsäure zersetzt die Silicate leichter als Salzsäure. Unzersetzbare Silicate, hauptsächlich die Thonerdesilicate, wie auch bei niedrigprocentigen Phosphaten die unlösliche Gangart, saugen Säure mechanisch auf und halten sie fest, so dass dieselbe für den Aufschluss als verloren zu betrachten ist.

Enthält das Phosphat Fluorcalcium, so wird ein entsprechender Theil dieser ausgeschiedenen Kieselsäure als Gas entfernt:

$$Si O_2 + 2 Ca Fl_2 + 2 H_2 S O_4 = Si Fl_4 + 2 H_2 O + 2 Ca S O_4.$$

Dieses Fluorsilicium, an seinem stechenden Geruche leicht zu erkennen, zersetzt sich mit Wasser in Siliciumfluorwasserstoff und Kieselsäure:

$$3\,SiFl_4 + 4\,H_2O = 2\,H_2SiFl_6 + H_4SiO_4.$$

Die Schwefelsäure wirkt ferner auf das im Phosphat enthaltene Eisenoxyd und auf die Thonerde bezw. deren Verbindungen ein. Wir wollen diese Zersetzung näher betrachten, da es von der Höhe dieser Gehalte abhängt, ob das Phosphat zum Aufschluss verwendbar ist oder nicht und weil wir die eisen- und thonhaltigen Phosphate später noch zu behandeln haben werden.

Das Eisen kommt in den Phosphaten in verschiedenen Formen vor, meistens als phosphorsaures Oxydsalz, dann aber auch, freilich selten, als freies Oxyd bez. Oxydul oder an Schwefel gebunden als fein vertheilter Kies, FeS_2. In einigen Fällen findet sich das Eisen, jedoch mehr die ihm verwandte Thonerde, in Verbindung mit Kieselsäure.

Beim Aufschluss nun werden die Eisenverbindungen je nach ihrer Verbindungsform — ungebundenes Eisenoxyd ist leichter löslich als gebundenes —. der Dichtigkeit des Phosphats und der Menge und Stärke der Säure, sowie nach dem Grade der Reactionswärme mehr oder weniger schnell und vollständig zersetzt:

$$3\,FePO_4 + 3\,H_2SO_4 = (\mathit{FePO_4},\ \mathit{2\,H_3PO_4}) + Fe_2(SO_4)_3.$$

Bei einem Ueberschusse von Schwefelsäure bildet sich auch hier freie Phosphorsäure, und es muss diese Zersetzung im Superphosphat herbeigeführt werden:

$$2\,FePO_4 + 3\,H_2SO_4 = \mathit{2\,H_3PO_4} + Fe_2(SO_4)_3.$$

Ein Theil dieses schwefelsauren Eisenoxydes tritt nun im Superphosphat mit dem sauren phosphorsauren Kalk in Reaction, wodurch ein bleibender, anfangs wasserhaltiger, gallertartiger Niederschlag entsteht, während der andere Theil ganz unwirksam bleibt; diese Menge beträgt bis 2 Proc., nachweisbar im wässerigen Auszuge des Superphosphats. Ein Gehalt von 2 Proc. Eisenoxyd im Phosphat schadet demnach nichts, 3 bis 4 Proc. sind bei Uebersäuerung löslich zu halten *), während ein Mehr davon Phosphorsäureverluste herbeiführt. Es ist hier zu erwähnen, dass man die Bestimmung der Sesquioxyde am richtigsten in der Lösung des Schwefelsäureaufschlusses des Phosphats vornimmt (s. S. 124), und zwar zu dem Zwecke, diejenige Menge kennen zu lernen, die beim technischen Aufschluss in Lösung geht und mit der man zu rechnen hat. Schwefelkies, wie auch einige Eisen- und Thonerdesilicate, sind in Schwefelsäure unlöslich und bleiben auch im Superphosphat unangegriffen. Bezüglich der Bestimmung der Sesquioxyde heisst es nach den Vereinbarungen

*) Manche Fabrikanten beziehen den Befund an Sesquioxyden auf 100 Thle. phosphorsauren Kalk.

S. 123: „Lösen in Königswasser“, wodurch alle Eisen- und Thonerdeverbindungen gelöst werden.

Obiger Vorgang,

$$3\,CaH_4(PO_4)_2 + Fe_2(SO_4)_3 + 4\,H_2O = 2\,(FePO_4, 2H_2O, 2\,H_3PO_4) + 3\,CaSO_4,$$

ist den Augen sichtbar zu machen, wenn man eine Superphosphatlösung mit einer Eisenoxydsalzlösung versetzt. Es wird nämlich dieses empfindliche saure phosphorsaure Eisenoxyd durch viel Wasser — unsere Reaction — und durch Hitze — im Superphosphat — zersetzt, und zwar scheidet sich neben freier Phosphorsäure phosphorsaures Eisenoxyd aus, das nach und nach in einen unlöslichen Zustand übergeht, indem ihm in Folge der Auskrystallisation des amorphen schwefelsauren Kalks das Constitutionswasser entzogen wird*):

$$FePO_4, 2\,H_2O + CaSO_4 = CaSO_4, 2\,H_2O + FePO_4.$$

Hiernach ist es auch erklärlich, dass man schlecht aufgeschlossenes Superphosphat nach einigen Wochen nicht mehr durch weiteren Säurezusatz verbessern kann.

Früher dachte man sich das Zurückgehen nach

$$2\,CaH_4(PO_4)_2 + Fe_2O_3 = 2\,(CaHPO_4, FePO_4) + 3\,H_2O$$

verlaufend. Die Annahme der Bildung von halbsaurem phosphorsauren Kalk ist jedoch nicht gerechtfertigt — nach P. Wagner[4]) soll der unlösliche Niederschlag aus wechselnden Mengen von Fe_2O_3, Al_2O_3, P_2O_5 und CaO bestehen — denn man kann im Filtrat vom $FePO_4$-Niederschlag wohl freie Phosphorsäure, im Niederschlage aber keinen Kalk nachweisen.

Salpetersäure greift die Eisenverbindungen weniger an als Schwefelsäure.

Ist die Zersetzung des Phosphats durch Schwefelsäure keine vollständige gewesen, sind die Silicate nicht genügend aufgeschlossen, so kann die lösliche Phosphorsäure wieder gebunden werden, denn Phosphorsäure ist ein Lösungsmittel für Silicate (bekannte Bestimmungsmethode von Quarz in Silicaten). Durch Schwefelsäure unzersetzt gebliebenes Fluorcalcium wird von Phosphorsäure nicht angegriffen. Wendet man so viel Schwefelsäure an, dass vollständige Zersetzung des Phosphats erfolgt und das in Lösung gebrachte Eisenoxyd durch Phosphorsäureüberschuss auch löslich gehalten wird, so ist kein Verlust an löslicher Phosphorsäure zu befürchten; jedoch ist der Schwefelsäurezusatz begrenzt und daher muss bei Gegenwart von viel Eisenoxyd immer ein Theil desselben auf den sauren phosphorsauren Kalk zur Wirkung kommen.

Die Thonerde übt in den Mengen, wie sie in den Kalkphosphaten auftritt, keinen Einfluss, wenigstens keinen directen auf das Zurückgehen aus. Ihr saures phosphorsaures Salz wird durch sauren phosphorsauren

*) Zeitschr. f. analyt. Chem. **30**, 9.

Kalk nicht verändert, und man ersieht seine Löslichkeit daraus, dass beim Versetzen einer Superphosphatlösung mit Alaun kein Niederschlag entsteht; nur beim Erwärmen tritt Trübung ein, die beim Abkühlen fast ganz verschwindet. In dieser zeitweiligen Ausscheidung der phosphorsauren Thonerde liegt die Ursache, dass sie, vom Gyps des Superphosphats fest eingeschlossen, Phosphorsäureverlust herbeiführen kann.

Es ist deshalb auch nicht nöthig, die Thonerde aus dem Rohphosphat durch Digeriren mit heisser Alkalilösung zu entfernen, wie Glaser*) vorschlägt; er fällt in der vom Rückstande getrennten Lösung die phosphorsaure Thonerde durch Abkühlung oder durch Einleiten von Kohlensäure und benutzt diese Lösung von Neuem zum Auslaugen.

Um das Zurückgehen, welches bei keinem Superphosphat so stark ist als bei den an Eisen, Thonerde und Kieselsäure reichen Lahnphosphoritsuperphosphaten, zu vermeiden, sind die verschiedensten Versuche gemacht worden. Ehe wir diese besprechen, sollen zum besseren Verständniss die hauptsächlichsten früheren Meinungen und Erklärungen hierüber**) kurz mitgetheilt werden.

Ch. Graham liess den sauren phosphorsauren Kalk nach und nach eine gewisse Menge der Sesquioxyde unter Ausscheidung von basischem Wasser aufnehmen und so die lösliche saure Verbindung in eine neutrale übergehen.

W. Knopp glaubte, dass der saure phosphorsaure Kalk das Bestreben habe, im concentrirten Zustande halbsaures Salz auszuscheiden.

Nach A. Millot bildet der durch heisses Wasser von Kalksalzen befreite unlösliche Rückstand ein Gemenge der beiden Ferriphosphate, Fe_2O_3, $2P_2O_5$ und $2Fe_2O_3$, $3P_2O_5$.

E. Erlenmeyer hatte beobachtet, dass saures phosphorsaures Eisensalz sich schon in der Kälte allmälig in das in Wasser schwer lösliche sog. Winkler'sche Salz Fe_2O_3, $2P_2O_5 + 8H_2O$ unter Abscheidung von H_3PO_4 umsetzt.

Zur Bestimmung der zurückgegangenen Phosphorsäure ist es wichtig, zu wissen, dass bei einstündigem Digeriren dieses Winkler'schen Salzes bei 35° von saurer Citratlösung 41,2 Proc., von neutraler 42,1 Proc. und von ammoniakalischer 73,6 Proc. der im Salz enthaltenen Phosphorsäure gelöst werden. Von phosphorsaurer Thonerde bringt die saure Lösung nur 3 Proc., die neutrale 6,6 Proc. und die ammoniakalische schon in 25 Minuten alle Phosphorsäure in Lösung.

In Bezug auf die Löslichhaltung der Phosphorsäure aus Mineralphosphaten ist schon die Verwendung der möglichst grössten Schwefelsäuremenge erwähnt, ferner sind Temperaturen über 120° zu vermeiden (s. S. 67).

E. Dreyfuss (D. R.-P. 29 560) will das Zurückgehen vermeiden dadurch, dass dem Phosphat beim Aufschluss eine dem Eisengehalt ent-

*) Chem.-Ztg. 1891, S. 885.
**) Zeitschr. f. angew. Chem. 1890, S. 68.

sprechende Menge Kochsalz zugesetzt wird. Hier so bereitete Aufschlüsse ergaben negative Resultate, wohl aber war ein eisenreiches Superphosphat, dessen Eisenoxyd reducirt wurde, als Eisenchlorür, auch bei hohen Wärmegraden haltbar (s. S. 20).

Lüddecke war der Erste, welcher fand, dass schwefelsaures Ammoniak das Zurückgehen verhindern kann (s. S. 20).

Nach v. Gruber[13]) ist der Rückgang der löslichen Phosphorsäure in Wirklichkeit meistens nicht so gross, als man gewöhnlich annimmt, denn man hat vielfach beobachtet, dass die Menge der in den Superphosphaten gefundenen Gesammtphosphorsäure selten der mit dem Rohphosphat in die Fabrikation eingebrachten Menge entspricht, und dass oft, je nach der Natur des Phosphats, mehrere Procente Phosphorsäure weniger herauskommen.

Angeregt durch den im Jahre 1891 stattgefundenen Briefwechsel mit E. Fanger in Schöningen, habe ich danach gesucht, ob der Grund in der Verflüchtigung der Phosphorsäure liegt — die in Anwendung gebrachten Untersuchungsmethoden werden gelegentlich a. O. mitgetheilt —, und es stellte sich bei weiterer Untersuchung heraus, dass die Phosphorsäuredifferenz in fehlerhafter Phosphorsäurebestimmung silicatreicher Phosphate begründet liegt. Es ist deshalb in der Beschreibung der Bestimmungsmethoden der Phosphorsäure ganz besonders auf die Entfernung der Kieselsäure aufmerksam gemacht. Die Bestimmung der Phosphorsäure im Superphosphat, in dem die Kieselsäure fehlt, wie in silicatfreien Phosphaten fallen richtig aus; es ist dies eine Bestätigung des vorhin besprochenen Untersuchungsresultates. Die aus letzteren erhaltene und berechnete Phosphorsäuremenge deckt sich mit der im Superphosphat.

Ueber weitere Verfahren, aus eisenreichen Phosphaten Superphosphat herzustellen, s. S. 19.

Das Zurückgehen der löslichen Phosphorsäure in Mischungen durch basische Kalisalze ist in der Chem. Ztg. IX, Nr. 16 von Emmerling, Kiel, ausführlich besprochen, nachdem vom Verfasser, der hierauf aufmerksam gemacht hatte, die Versuche ausgeführt worden waren.

Bei der Behandlung der Kalisalze im Flammofen bis zum theilweisen Schmelzen wird das in ihnen enthaltene Chlormagnesium im feuchten Zustande unter Bildung eines basischen Chlorids leicht zersetzt:

$$Mg\,Cl_2 + H_2O = \mathit{Mg\,OH\,Cl} + HCl.$$

Nach $Ca\,H_4\,(PO_4)_2 + Mg\,O = \mathit{Ca\,Mg\,H_2\,(PO_4)_2} + H_2O$ wird ein Molekül Phosphorsäure durch ein Molekül Magnesia zum Zurückgehen gebracht, woraus sich berechnet, dass 1 Thl. Mg O 3,55 Proc. lösliche P_2O_5 unlöslich machen kann. Bei Anwendung von beispielsweise 29 Proc. Kalisalz mit 2,05 Proc. freier Mg O, welcher Gehalt durch Titriren ermittelt wurde, reichen die $\frac{2{,}05 \cdot 29}{100} = 0{,}59$ Thle. Mg O aus, um 0,59 . 3,55 gleich rund 2 Thle. P_2O_5 zu binden; in Wirklichkeit wurden aber nur

1,4 Thle. unlöslich, und demnach kommt nicht die ganze Magnesia zur Wirkung. Dass die Wirkung nicht den theoretischen Werth erreicht, beruht auf der Schwerlöslichkeit der Magnesia und auf einer theilweisen Umsetzung der Alkalisalze mit dem gebildeten Präcipitat, durch welche ein Theil der Phosphorsäure des letzteren der Lösung erhalten bleibt.

Zur Ermittelung der zum Aufschluss nöthigen Schwefelsäuremenge bedient man sich noch hier und da der bekannten Rümpler'schen Methode [8]). Man übergiesst 20 g des feinen Phosphats im Literkolben mit einer mehr als hinreichenden, genau abgemessenen Menge Schwefelsäure von etwa 1,455 spec. Gewicht = 91° Tw. (45° B.) *), deren Gehalt genau bestimmt ist, lässt zwei Stunden bei 50° stehen, dann erkalten, füllt mit Wasser zur Marke auf, schüttelt durch und filtrirt. 50 ccm Filtrat werden mit Zehntelnormalnatronlauge titrirt, bis sich basisches Phosphat abscheidet. 20 g Phosphat mit 28,3 Proc. P_2O_5, 10,0 Proc. $CaCO_3$, 5,5 Proc. $CaFl_2$ und 2,4 Proc. $CaCl_2$ wurden mit 16 ccm Schwefelsäure, 10,24 g SO_3 enthaltend, behandelt. Bei der Titration von 50 ccm Filtrat, entsprechend 1 g Phosphat, wurden 10,4 ccm Zehntelnormallauge verbraucht = 10,4 . 0,004 = 0,0416 g SO_3; abgezogen von $\frac{10{,}24 \,.\, 50}{1000}$ = 0,5120 g bleiben 0,4704 g als zur Zersetzung verbraucht = 47,04 Proc. SO_3 = 73,6 Thle. Säure von 1,710 spec. Gewicht = 142° Tw. (60° B.) = 92,1 Thle. Säure von 1,530 spec. Gewicht = 106° Tw. (50° B.).

In dieser Lösung bestimmte man früher die zur Wirkung auf den sauren phosphorsauren Kalk gelangende Menge Eisenoxyd. Eine solche Bestimmungsweise ist aber nicht richtig, da nach des Verfassers Aufzeichnungen stets mehr Phosphorsäure zurückging, als nach diesem Befunde zu erwarten war (S. 11). Geeigneter jedoch als obige Titration sind Probeaufschlüsse, die man im Kleinen im Laboratorium mit $^1/_2$ bis 1 kg Phosphat in der Reibschale oder besser mit etwa 50 kg Phosphat in eigens dazu hergestellten Gruben oder Bleikasten von 500 mm im Quadrat und 250 mm Tiefe vornimmt, oder weit praktischer im Grossen in der Grube bezw. durch die Mischmaschine herstellt, wie auch von v. Gruber [13]) besonders betont wird, damit die Reaction, die im Grossen den Aufschluss bewirkt, wirklich stattfindet. Diese Versuchsaufschlüsse sind auch für den Fabrikanten deshalb noch von Werth, weil er hierbei sieht, wie sich sein neues Material im Aufschluss und im Trocknen macht. Es giebt Mineralphosphate, hierher gehört z. B. der canadische Apatit, bei denen ein Versuch im Kleinen nie gelingt, d. h. annähernd ein richtiges Product ergiebt (s. S. 9).

Die durch Rechnung gefundene Säuremenge stimmt mit der zum richtigen Aufschluss der Mineralphosphate nöthigen nicht immer überein, und man erhält hiermit meistens zu wenig lösliche Phosphorsäure; man kann sie nur den Probeaufschlüssen zu Grunde legen.

---

*) Die Säuren von bestimmter Concentration für Laboratoriumszwecke stellt man sich nach der Anthon'schen Tabelle her, s. S. 158.

In nachstehender Tabelle werden für einige Phosphate die zum Aufschluss berechneten und wirklich erforderlichen Säuremengen nebst Concentration angeführt:

Phosphat 100 Thle.	Gehalte				Säuremenge		
					berechnet	nöthig	
	$Ca_3(PO_4)_2$	Fe_2O_3 + Al_2O_3	$CaCO_3$	CaO in Form v. $CaCl_2$ $CaFl_2$	142° (60° B.)	142° (60° B.)	Wasser
Knochenasche	82,1	0,3	4,4	2,6	78,5	80	15
Maldenguano	69,9	0,2	12,9	1,5	76,7	80	—
Maldenguano	75,0	0,3	12,1	1,3	79,7	83	—
Arubaphosphat	78,6	3,8	4,2	1,4	82,5	85	15
Curaçaophosphat . . .	88,0	0,1	7,0	0,7	81,5	83	21
Coprolithen, russische .	74,7	5,0	4,7	4,2	87,7	96	24
Carolinaphosphat . . .	57,0	2,8	12,0	4,8	76,9	78	15
Belgisches Phosphat . .	62,9	2,6	13,5	3,3	80,6	86	14
Sommephosphat . . .	67,0	3,8	10,2	2,3	81,9	88	17
Canadaphosphat . . .	76,8	3,3	6,6	5,8	89,1	99	11
Lütticher Phosphat . .	55,5	3,6	16,8	1,9	79,9	83,5	11,5
Floridaphosphat . . .	74,4	2,7	6,5	2,2	81,5	84	21

Es ist im Betriebe Vorschrift, stets so viel Säure beim Aufschluss anzuwenden, dass im Superphosphat freie Phosphorsäure entsteht und bestehen bleibt, doch nur in solcher Menge, welche eine Verarbeitung der Waare zulässt.

Aber nicht allein aus Gründen chemischer Natur ist ein Säureüberschuss unentbehrlich, sondern auch deshalb, weil die Vertheilung trotz sorgfältigster Mischung nicht ganz gleichmässig ist. Hochprocentige Phosphate übersäuert man ihrer Reinheit wegen nur wenig im Gegensatz zu den niedrigprocentigen, von Bergart begleiteten unreinen (s. S. 10). Manches Phosphat „verträgt“ viel Säure, vor Allem das Sommephosphat, dann das Floridaphosphat; selten giebt man jedoch mehr als 5 Proc. Uebersäuerung. Geht diese freie Phosphorsäure bei längerem Lagern der Waare auch zurück, so bildet sich immer erst das saure phosphorsaure Salz.

In erster Linie ist also bei der Superphosphatbereitung darauf zu sehen, dass der Aufschluss ein vollkommener wird, denn der Landwirth bezahlt nur die wasserlösliche Phosphorsäure, während dem Fabrikanten sämmtliche Phosphorsäure im Phosphat berechnet wird. Bleibt das Superphosphat feucht, so tritt das künstliche Trocknen ein, worauf jede Düngerfabrik eingerichtet sein muss.

Zum Aufschliessen nimmt man die Schwefelsäure meistens als 106 bis 113° (50 bis 52° B.), stärkere, welche man sich im Gloverthurm herstellen kann, nur dann, wenn das Phosphat Wasser enthält, welches die Säure von Kammerconcentration zu sehr verdünnen würde (s. S. 32), oder wenn sich das Material, wie Apatit, welcher mit Quarz durchwachsen ist, schwer aufschliesst, oder aber, wenn man aus ihm das höchstprocentige Superphosphat herzustellen gezwungen ist. Der Theorie nach ist die 131° (57° B.) Säure ($H_2SO_4, 2H_2O$) zum Aufschluss die günstigste, da sie zur Krystallisation des schwefelsauren Kalks genau die richtige Menge Wasser enthält: 1 Thl. $CaSO_4$ = 1 Thl. H_2SO_4 (= 98) bindet 2 Thle. H_2O (= 36); (98 + 36) : 100 = 98 : x; x = 73,1 Thle. H_2SO_4 + 26,9 Thle. H_2O = 100 Thle. Säure von 131° (57° B.).

Es ist nun bei den an kohlensaurem Kalk reichen Phosphaten behufs Berechnung des Verhältnisses des Wassers zur Schwefelsäure noch weiter die Gypsmenge zu berücksichtigen, welche aus diesen Salzen entsteht. Die Gypsbildung aus Fluor- und Chlorcalcium, wie aus kieselsaurem Kalk soll hier nicht weiter besprochen werden, weil sie meistens unvollständig ist.

Nach $CaCO_3 + H_2SO_4 + H_2O = (CaSO_4, 2H_2O) + CO_2$ sind 18 Thle. Wasser des Schwefelsäurehydrats vorhanden, 18 weitere müssen noch hinzukommen; es müsste also bei dieser Zersetzung eine Säure angewandt werden, die nach (98 + 18) : 100 = 98 : x $84\frac{1}{2}$ Thle. H_2SO_4 und $15\frac{1}{2}$ Thle. H_2O enthält = 100 Thle. Säure von 156° (63,2° B.), wenn man diesem schwefelsauren Kalk sein Krystallwasser geben will. Bei Gegenwart grosser Mengen von kohlensaurem Kalk muss demnach besonders gerechnet werden. Enthält das Phosphat 20,74 Proc. P_2O_5 und 41,80 Proc. $CaCO_3$, so sind zum Aufschluss theoretisch 100 Thle. Säure von 138° (59° B.) erforderlich nach

20,74 Proc. × 1,127 = 23,37 Proc. SO_3
als 131° Säure = 36,6 Proc. von 142° + 2,5 Proc. H_2O
41,80 Proc. × 0,8 = 33,44 Proc. SO_3
als 156° Säure = 52,4 Proc. von 142°

89,0 Proc. von 142° + 2,5 Proc. H_2O
= $97\frac{1}{4}$ Proc., 142° Säure (60 B.) = 100 Thle. von 138°.

Aus dieser Berechnung geht hervor, dass die meistens angewandte 106 bis 113° (50 bis 52° B.) Säure viel mehr Wasser enthält, als nöthig ist. Anstatt der 138° Säure nimmt man aber für die kalkreichen Phosphate in der Praxis recht verdünnte Säure, solche von 77 bis 91° (40 bis 45° B.), damit bei dieser beträchtlichen Gypsbildung nicht zu viel Phosphat unzersetzt bleibt. Obige 100 Thle. 138° Säure entsprechen $137\frac{1}{2}$ Thle. von 91°, mit welcher man in Wirklichkeit auch am besten aufschloss; ging der Aufschluss auch langsamer vor sich, so war er dafür um so sicherer.

Der Verlust beim Aufschliessungsprocess richtet sich nach den Gehalten des Phosphats an Kohlensäure, Fluor und Chlor; bei Anwesenheit

von Kieselsäure bildet sich gasförmiges Fluorsilicium (s. S. 10). Ausserdem geht je nach dem Grade der Wärmeentwickelung mehr oder weniger überschüssiges Wasser fort; von 100 Thln. Wasser können im Superphosphat bis 5 Thle. verdampfen.

Ein silicatfreies Phosphat mit 28,3 Proc. P_2O_5; 10,0 Proc. $CaCO_3$ (= 4,4 Proc. CO_2); 2,4 Proc. $CaCl_2$ (= 1,5 Proc. HCl) und 5,5 Proc. $CaFl_2$ (= 2,8 Proc. HFl) entwickelt mit Schwefelsäure 8,7 Proc. Gase, um welche das Gewicht der Mischung verringert wird. 100 Thle. dieses Phosphats gebrauchen $92^1/_2$ Thle. 106° (50° B.) Säure (s. S. 15), und es gehen von diesen $192^1/_2$ Thln. 8,7 Thle. ab, so dass rund 184 Thle. Nettogewicht bleiben = 4,5 Proc. Verlust im Superphosphat. Den wirklichen Gesammtverlust erfährt man durch Wägung des abgelagerten Superphosphats, der in diesem Falle 5 Proc. betrug; mithin war $^1/_2$ Proc. Wasser verdampft. Dadurch, dass im Superphosphat überschüssiges Wasser verdunstet und ferner der schwefelsaure Kalk Wasser bindet, $26^1/_2$ Proc., ist das Trocknen des Superphosphats in sich erklärt.

Aufschlussberechnung:

100	Thle. Phosphat,	28,3 Proc. P_2O_5
$92^1/_2$	Thle. 106° Säure	(50° B.)
184	Thle. Netto.	

Theoretischer Gehalt der Mischung an P_2O_5 = 15,38 Proc.
Wirklicher „ „ „ „ „ = 15,51 „
Wirklicher Gehalt an löslicher P_2O_5 = 14,85 „

Hätte das Phosphat beispielsweise 11 Proc. Wasser enthalten, so wäre dieser Gehalt zu berücksichtigen gewesen; der Wasserzusatz würde bei Verwendung von 142° Säure (60° B.), 74 Thle., nur $7^1/_2$ Thle. anstatt $18^1/_2$ Thle. betragen, wodurch eine Erhöhung des Phosphorsäuregehaltes um fast 1 Proc. eintritt. Es ist auf diese Weise ein Trocknen wasserhaltigen Phosphats, wenn der Wassergehalt das Mahlen erlaubt, zu umgehen (s. S. 32).

Die entweichende Gasmenge beträgt im obigen Falle bei dem Aufschluss von 750 kg Phosphat und 694 kg Säure 56 360 Liter, welche sich bei 50° C. auf $66^1/_2$ cbm, bei 100° auf 77 cbm vergrössern.

Beim Aufschliessen — nach Beendigung der Hauptreaction — hat man in einigen Fällen das Aufsteigen dunkelrother Dämpfe beobachtet; diese bestehen manchmal aus Untersalpetersäure aus der Schwefelsäure und entwickeln sich fast stets aus den Abfallsäuren (siehe S. 23), doch treten auch violette Joddämpfe auf, z. B. aus Estremaduraphosphat, Curaçaophosphat*), Amberger Phosphoriten, Sombrerophosphat und einigen französischen Phosphaten, wie Lotphosphat.

Bei der Zersetzung von Lahnphosphoriten, deren Mehl wie das vom Estremaduraphosphat, nebenbei erwähnt, bei Erwärmung im Dunklen

*) Zeitschr. anal. Chem. 1880, S. 50.

mit phosphorischem, gelblichgrünem Lichte leuchtet, entwickelt sich oft Chlor, und zwar in Folge der Einwirkung des entstandenen Chlorwasserstoffs auf den Braunstein des Phosphorits.

In einigen Floridaphosphaten ist Mangan enthalten *); also Vorsicht bei der Bestimmung der Sesquioxyde!

Von Interesse ist das Rataphosphat, welches neben viel phosphorsauren Sesquioxyden Titan als $Ti_2P_2O_9$ enthält.

Am Schlusse dieses Abschnittes sollen noch die interessantesten Verfahren der Superphosphatbereitung 1) aus eisenreichen, 2) aus carbonatreichen Phosphaten beschrieben werden, wenn auch nach v. Gruber[13]) das Bemühen ein ziemlich vergebliches ist, durch Umwege bessere Superphosphate zu erhalten, da jeder Umweg einen nicht unerheblichen Kostenaufwand bedingt. — Seit Auffindung des Lahnphosphoritlagers ist man schon auf der Suche nach einem directen Verarbeitungsverfahren dieser Phosphorite; ihre Verarbeitung, wie auch die anderer eisenreicher Phosphate, zu Doppelsuperphosphat und Präcipitat ist zur Zeit eine beschränkte. Neuerdings empfiehlt J. H. Vogel**) die Herstellung von Phosphatpräcipitatgyps, wozu sich obige unreinen Phosphate eignen; Vogel schliesst Rohphosphat mit 106° (50° B.) Schwefelsäure zu halbsaurem phosphorsauren Kalk auf (s. Gleichung 4, S. 7). Dieses Verfahren wäre nun freilich unter Umgehung der Frage, wie man die löslich gemachte Phosphorsäure auch löslich erhält, die einfachste Lösung der Aufgabe, die eisenreichen Phosphate zu verwerthen.

Die ersten praktischen Versuche, eisenreiche Phosphate direct zu Superphosphat zu verarbeiten, stellte F. Vorster in Kalk an. Nach dem D. R.-P. Nr. 4685 wurden Phosphorite mit fein gepulvertem Schwefelkies gemischt und in einem Röstofen einer sich steigernden Hitze ausgesetzt, bis sich nach etwa 24 Stunden beim Uebergiessen mit Salzsäure kein Schwefelwasserstoff mehr entwickelte. Die beim Rösten des Kieses sich bildende Schwefligsäure und Schwefelsäure wirken auf die phosphorsauren Sesquioxyde in Gegenwart von kohlensaurem Kalk derart ein, dass unter Bildung von phosphorsaurem und schwefelsaurem Kalk Eisenoxyd und Thonerde frei und durch die Glühhitze in Schwefelsäure unlöslich werden. Für das Unlöslichwerden des Eisenoxyds ist eine Temperatur von 950°, für das der Thonerde eine solche von 850° erforderlich.

Dieses Verfahren beansprucht aber viel Zeit, und durch das Eisenoxyd des Kieses wird noch viel Ballast in die Waare gebracht. Das Verfahren ist daher nicht zur Einführung gelangt.

Es sind dann weitere Versuche dahin ausgeführt, das Eisenoxyd des Phosphats in in Schwefelsäure unlöslichen Schwefelkies, FeS_2, überzuführen***). Erhitzt man nämlich freies Eisenoxyd auf etwas über 100° in

*) Chem.-Zeit. 1892, S. 47.
**) Ber. deutsch. Landw. Ges. 1892, St. 10.
***) Mittheilung von Dr. F. Lorenz, Hannover.

einem Schwefelwasserstoffstrome, so bildet sich dieser Kies; da aber nur wenige Phosphate das Eisenoxyd in freiem Zustande enthalten und auch nur in geringen unschädlichen Mengen (bekannt sind: Sommephosphat, belgisches Phosphat, canadische Apatite, Sand-Carolinaphosphat — gemahlen roth!), so hat man sich damit beschäftigt, das phosphorsaure Eisenoxyd auf andere Weise wie Vorster zu zersetzen.

Sind die phosphorsauren Sesquioxyde der Phosphate als hydratische Verbindungen vorhanden, wie z. B. theilweise im Redondaphosphat, so kann man die Sesquioxyde als solche auf einfache Weise abscheiden, man brauchte nur die feinst gemahlenen Phosphate in der Wärme mit Kalkmilch zu behandeln:

$$2\,FePO_4 + 3\,Ca(OH)_2 = Ca_3(PO_4)_2 + Fe_2(OH)_6.$$

Die Ueberführung der wasserfreien Sesquiphosphate in die hydratische Form gelang bei einigen Guanosorten unter Hochdruckwasserdampf, bei anderen, wie bei den krystallinischen Phosphaten, nicht.

Eine Zeit lang operirte man mit wässeriger Schwefligsäure, um, wie schon vorher Gerland mit Knochen that, aus unreinen Phosphaten den phosphorsauren Kalk nach

$$Ca_3(PO_4)_2 + 4\,SO_2 + 4\,H_2O = CaH_4(PO_4)_2 + 2\,CaH_2(SO_3)_2$$

zu extrahiren, wobei nur etwas Eisen, wohl aber sämmtliche Thonerde gelöst wird; siehe auch D. R.-P. Nr. 2661. Wird zur Herstellung von Thomasschlacke aus dem Eisen der Phosphor als Phosphorsäure entfernt, so kann man, im Gegensatz zu diesem Verfahren, aus phosphorsäurereichen Erzen diese Phosphorsäure durch Schwefligsäure extrahiren, wie es früher in Kladno (Böhmen) geschah. Man trennt die Lösung vom Rückstande und entfernt durch Erhitzen der ersteren die Schwefligsäure, welche zu weiteren Extractionen verwendet wird, wobei sich die Phosphorsäure meistens als $AlPO_4$ ausscheidet.

Folgendes vom Verfasser ausgearbeitete Verfahren bietet Interesse*); es beruht darauf, dass Eisenoxydulsalze im Gegensatz zum Oxyd auf sauren phosphorsauren Kalk nicht einwirken. Es muss daher das Eisenoxyd der Phosphate (Fluss-Carolinaphosphat ist FeO-haltig) zu diesem Zwecke reducirt und das Oxydul haltbar gemacht werden. Das Verfahren zerfällt in folgende Operationen:

1. Aufschliessung des Phosphats in Gegenwart von schwefelsaurem Ammoniak.
2. Reduction des Eisenoxyds zu Oxydul.

Das schwefelsaure Ammoniak geht bei genügendem Zusatz, der zu berechnen ist, mit dem schwefelsauren Eisenoxydul bei der Auskrystallisation der Salze im Superphosphat die Bildung des bekannten luftbeständigen Doppelsalzes, $FeSO_4, (NH_4)_2SO_4 + 6\,H_2O$, ein. Nach Vogel löst 1 Liter 142° Säure (60° B.) 370 g, 1 Liter 106° Säure (50° B.)

*) Zeitschr. f angew. Chem. 1891, Heft 22 und 1892, Heft 12.

297 g schwefelsaures Ammoniak. Das saure phosphorsaure Eisenoxydul, ein im Gegensatz zur Oxydverbindung beständiges Salz, ist freilich auf diese Weise nicht in ein Doppelsalz zu verwandeln, jedoch wird dasselbe vom Gyps fest, fast luftdicht, eingeschlossen. Die Reduction erfolgt durch Schwefligsäure in einem auf 80 bis 100° erhitzten und mit Wasser richtig verdünnten Superphosphatbrei, der beim Uebergang des amorphen schwefelsauren Kalks in krystallinischen Gyps auch flüssig bleiben muss, bezw. ist die Masse weiter mit Wasser zu verdünnen.

Wird die Reduction nicht sofort nach erfolgter Zersetzung des Phosphats vorgenommen, so kann sich schwefelsaures Eisenoxyd, das sich der Reduction entzieht, ausscheiden. Das zur Auskrystallisation der Salze im Superphosphat nöthige Wasser giebt ihnen reichlich die 106° Säure mit $37^1/_2$ Proc. und muss das überschüssig zugesetzte Wasser später wieder entfernt werden.

Ueber die von Schwefelsäure lösbaren Mengen Schwefligsäure macht Jurisch Angaben*). 1 kg Fe_2O_3 bedarf nach

$$Fe_2(SO_4)_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

0,4 kg = 139 Liter SO_2, welche 0,61 kg H_2SO_4 = 0,78 kg 142° (60° B.) Säure bilden.

Wie wir S. 11 gesehen haben, bleiben 2 Proc. Eisenoxyd auf den sauren phosphorsauren Kalk wirkungslos, weshalb die Reduction nicht vollständig zu sein braucht — der elektrische Strom reducirt nur bis 70 Proc. Eisenoxyd — und wird dieses in Lösung befindliche Eisenoxyd durch im Ueberschuss angewandtes schwefelsaures Ammoniak ganz unwirksam gemacht (siehe S. 13).

Ein künstliches Trocknen dieses „Eisenoxydul-Superphosphats“ ist mit grosser Vorsicht vorzunehmen, am besten nur im Vacuum, damit dem Eisenoxydul-Doppelsalze sein dasselbe haltbar machendes Krystallwasser nicht genommen wird und keine Zersetzung des schwefelsauren Eisenoxyduls erfolgt. In diesem Superphosphat tritt während des Lagerns keine wesentliche Oxydation ein, was sich daraus erklärt, dass die Oxydulsalze vom Gyps, etwa 3 bis 5 Thle. von etwa 60 Thln., eingeschlossen sind und dass, wie bekannt, die Anwesenheit freier Säure die Oxydation überhaupt verhindert.

Carr**) schlägt zur Verarbeitung der Eisen-Thonerdephosphate, z. B. des Redondaphosphats folgendes Verfahren vor: 100 Thle. des geglühten feinen Mehls versetzt man mit 40 Thln. schwefelsaurem Ammoniak, die in 40 Thln. heissem Wasser gelöst sind und fügt 80 Thle. 116° (53° B.) Säure hinzu. Es tritt eine heftige Reaction ein und die stark aufschäumende, sich bis auf 100° erhitzende Mischung wird innerhalb

---

*) Siehe sein Handbuch der Schwefelsäurefabrikation, Stuttgart 1893, S. 326.

**) Chem.-Zeit. 1893, S. 1102.

einer Stunde fest; die trockene, schön pulverisirbare Masse enthält $^2/_3$ der vorhandenen Phosphorsäure als löslich.

Spence (2, S. 811) stellt aus Thonerdephosphaten neben Alaun phosphorsaures Alkali her, indem er diese mit Kohle in Kalköfen bis zur Rothgluth erhitzt, dann in 120° (54,1° B.) Schwefelsäure in Bleipfannen unter Zuleitung von Wasserdampf löst und die schwefelsaure Lösung mit Kali- oder Ammoniaksalz versetzt; die Mutterlauge enthält phosphorsaures Kali bezw. Ammoniak.

Die Verarbeitung der sog. Phosphatkreiden betr.,

so hat man versucht, dieses Material durch Entfernung des kohlensauren Kalks und des Thons anzureichern, um beim Aufschluss an Säure zu sparen und um ferner ein verkaufsfähiges Superphosphat zu erhalten. Es sind in Frankreich und Belgien 1889 etwa ein Dutzend hierher gehöriger mechanischer und chemischer Verfahren patentirt worden, und mehrere mechanisch arbeitende Apparate befinden sich auch schon in Thätigkeit, wie in Breteuil, Beauval, Ciply, Doullens u. a. O., dagegen sind die Verfahren chemischer Art wohl interessant, aber nicht rentabel.

Einige dieser Verfahren[12]) beruhen darauf, dass das feinst gemahlene Phosphat durch Glühen von der Kohlensäure befreit wird. Nach Dumonceau (franz. Pat. Nr. 201427) wird das kohlensäurefreie Phosphatmehl in einem eisernen Kessel vermittelst Rührwerks mit Wasser und Schwefel, der nach und nach hinzugegeben wird, gemischt und die Mischung erhitzt: $3\,CaO + 6\,S = 2\,CaS_2 + CaS_2O_3$. Die Producte sind wasserlöslich und somit vom unlöslichen phosphorsauren Kalk trennbar. Mond (franz. Pat. Nr. 208509) verwendet anstatt Schwefel Schwefelwasserstoff, wodurch sich Zweifach-Schwefelcalcium bildet, das durch Auslaugen entfernt wird. Nicolas (franz. Pat. Nr. 201461) leitet in diese Zweifach-Schwefelcalciumlösung dem Glühofen entstammende Kohlensäure: $CaS_2 + H_2O + CO_2 = CaCO_3 + S + H_2S$. Um den Schwefelwasserstoff nicht zu verlieren, wird gleichzeitig Schwefligsäure eingeleitet, wodurch sich Schwefel niederschlägt, der sich dem kohlensauren Kalk beimischt, von dem er vermittelst überhitzten Wasserdampfes oder durch Destillation getrennt wird. Brochon (franz. Pat. Nr. 212577) behandelt das mit Wasser angeriebene Rohphosphat unter Druck mit Kohlensäure, wodurch Bicarbonat gebildet und in Lösung gebracht wird. Solvay & Cie. (D. R.-P. Nr. 46835) behandeln das Rohphosphat bei Gegenwart von wenig Wasser mit Schwefligsäure, wobei aus dem kohlensauren Kalk unlöslicher schwefligsaurer Kalk entsteht, der vom Phosphat durch Abschlämmen getrennt werden kann.

Ein einfacheres Verfahren, als vorstehendes, ist folgendes (franz. Pat. Nr. 205717), das dem von Simpson (D. R.-P. Nr. 58925) ähnlich ist: Die geglühte und gemahlene Phosphatkreide wird mit Wasser überspritzt,

wodurch sich nach und nach zerfallendes Kalkhydrat bildet; durch weiteren Wasserzusatz wird der Kalk als Kalkmilch vom specifisch schwereren Phosphat abgegossen.

Der technische Betrieb der Superphosphatbereitung

erfordert, wie wir aus dem Vorhergegangenen schliessen können, eine ununterbrochene gewissenhafte Controle. Die Rohmaterialien sind genau zu untersuchen und die Menge und Stärke der Aufschlusssäure richtig zu bestimmen. Hiervon hängt es ab, ob das Superphosphat, so weit es möglich ist, aufgeschlossen wird, ob es schnell oder langsam, gut oder schlecht trocknet. Ferner ist das Phosphat in zweckmässiger Feinheit zum Aufschluss zu bringen, dann auf die richtige Vornahme der Mischung zu achten und schliesslich der Gehalt an löslich gemachter Phosphorsäure während der Lagerzeit in der fertigen Waare zu controliren. Ueber die chemischen Untersuchungen wird Näheres S. 119 gesagt und über die Bestimmung der Säuremenge und Concentration wissen wir bereits alles Nöthige. Es bleibt noch

die Schwefelsäure

zur Besprechung übrig.

Liegt die Superphosphatfabrik nicht in einer Gegend, wo Erze zur Verhüttung abgeröstet werden und in Folge dessen die hier gewonnene Schwefelsäure vortheilhaft zu kaufen ist, so muss man sich die Säure selbst herstellen, wodurch im Superphosphatbetriebe insofern eine Aenderung eintritt, als man den Aufschluss nach der Säureproduction einrichten, man also das ganze Jahr hindurch aufschliessen muss, während im anderen Falle der Säurebezug derart geregelt wird, dass die zu jeder Saison nöthigen Superphosphatmengen aus pecuniären Rücksichten möglichst schnell hergestellt werden.

Im Betriebe kommt es darauf an, die Stärke der Säure schnell zu bestimmen und dies geschieht fast nur auf aräometrischem Wege. Zu dieser annähernd genauen Bestimmung bedient man sich der Scalenaräometer, die das specifische Gewicht und der Bequemlichkeit wegen noch Grade angeben. Es genügt diese allgemein angewandte Messungsweise vollkommen für unsere Zwecke.

Die Verunreinigungen der rohen Schwefelsäure (As_2O_3, $PbSO_4$, Se, Fe-Salze) beeinflussen ihr Volumgewicht unwesentlich, wohl aber die der schwarzen Abfallsäure, welche man als Zusatz zur Kammer- oder stärkeren Schwefelsäure gebraucht. Diese Abfallsäure hat bereits anderen industriellen Zwecken (Theerindustrie, Fabrikation von Paraffin, Petroleum, Nitrobenzol, Nitrocellulose) gedient und enthält je nach ihrer vorherigen Benutzung mehr oder weniger Salpetersäure gelöst oder Kohle suspen-

dirt. Die klare Säure benutzt man auch wohl allein zum Aufschluss, die schwarze dickflüssige aber nur als Zusatz; nach dem D. R.-P. Nr. 46101 ist letztere von Theer zu befreien.

Anstatt Schwefelsäure wurde als Zersetzungsmittel des Phosphats eine Lösung von Bisulfat in Wasser zu 91 bis 106° (45 bis 50° B.)*) oder auch eine solche von Bisulfat in Schwefelsäure vorgeschlagen, was dort recht gut angeht, wo Bisulfat zur Stelle ist (siehe S. 31).

Zur Messung der Schwefelsäurestärke werden solche Thermometer-Aräometer benutzt, die das specifische Gewicht in möglichst weiten, etwa 3 bis 5 mm betragenden Zwischenräumen von 0,005 angeben; man schneidet nach Jurisch die ganze Scala in 5 oder 10 Theile, so dass die Theilaräometer nur für Säuren zu gebrauchen sind, deren Dichten zwischen engen Grenzen liegen. Das Aräometer muss senkrecht in der Säure stehen, und man liest daran unter dem Flüssigkeitsspiegel ab, wenn die Säure klar ist, sonst oberhalb desselben unter Berücksichtigung des Capillaritätsgrades. Die Angaben am Aräometer gelten für 15° C.; es fehlt aber im Betriebe die Zeit, die Säure auf diese Normaltemperatur zu bringen, und man reducirt daher die bei einer anderen Temperatur abgelesenen specifischen Gewichte. Findet man z. B. bei 60° 1,520 = 104° (49,4° B.), so reduciren sich diese Werthe bei 15° auf 1,560 = 112° (51,8° B.), denn die Veränderungen des specifischen Gewichtes für ± 1° Temperaturunterschied betragen von

1,000 — 1,170 = 0,0006; bis 53° (30° B.)
1,170 — 1,450 = 0,0007; von 53 bis 91° (30 bis 45° B.)
1,450 — 1,580 = 0,0008; von 91 bis 164° (45 bis 65° B.)
1,580 — 1,750 = 0,0009; von 164 bis 168° (65 bis 66° B.)
1,750 — 1,820 = 0,0010;
1,820 — 1,840 = 0,0008 **).

Von Lunge ist hierfür eine Tabelle ausgerechnet (siehe S. 154).

Die alte sog. rationelle Beaumé-Scala $\left(\partial = \frac{144{,}3}{144{,}3 - n}\right)^{***)}$, nach der die Kolb'sche Tabelle angelegt wurde, war bisher allgemein verbreitet; sie beruht aber auf der falschen Annahme, dass das reine Schwefelsäurehydrat bei 15° das specifische Gewicht von 1,842 besitze, während die Concentration dieser Säure von 92 bis 96 Proc. H_2SO_4 und ihr wirkliches specifisches Gewicht von 1,830 bis 1,841 wechselt. Lunge und Isler†) haben die Kolb'sche Tabelle einer gründlichen Revision

---

*) Chem.-Zeit. 1891, S. 1756.
**) Post's techn. Analyse, Braunschweig 1889, S. 724.
***) Lunge's Handbuch der Schwefelsäurefabrikation, S. 15 (∂ = spec. Gewicht, n = ° B.; 144,3 = Gewicht des vom Aräometer verdrängten Wasservolums).
†) Zeitschr. f. angew. Chem. 1890, S. 129. Die Benutzung dieser Tabelle ist mir von Herrn Prof. Lunge bereitwilligst gestattet worden. D. V.

unterworfen und eine neue nach den specifischen Gewichten aufgestellt, die für 15° gilt und jetzt allgemein maassgebend ist.

Die Beaumé-Aräometer sind ausser bei uns noch in Oesterreich und Frankreich gebräuchlich, weichen aber leider unter einander in ihrer Eintheilung ab; manche Fabrikaräometer zeigen $^1/_2$ Grad mehr an als das rationelle. In Amerika benutzt man wieder eine andere, von der unserigen sehr abweichende Beaumé-Scala*). Es ist deshalb wiederholt vorgeschlagen, nur ein Aräometer allgemein in Gebrauch zu nehmen, das ohne Weiteres Vergleichungen zulässt. Lunge empfiehlt dazu das Fleischer'sche Densimeter, an dem Säure von 1,710 spec. Gewicht 71°, Säure von 1,530 spec. Gewicht 53° anzeigt. Jurisch**) hält es für zweckmässig, um sich nicht wieder ganz neue Zahlenbilder einprägen zu müssen, bei der lebhaften Wechselbeziehung zwischen der deutschen und englischen technischen Literatur die englischen längst einheitlich eingeführten Twaddell-Grade $\left(\partial = \frac{n}{200} + 1\right)$ zu adoptiren. Es ist nun in diesem Buche, um den Anfang zu machen, die Stärke der Schwefelsäure nach Graden Twaddell angegeben; Säure vom spec. Gewicht 1,710 entspricht 142°, von 1,530 spec. Gewicht 106° Tw. (siehe S. 144 bis 153).

Die chemische Untersuchung der Schwefelsäure erstreckt sich von Zeit zu Zeit auf H_2SO_4 und Arsen; letztere Bestimmung ist erforderlich, da ein Arsengehalt, wenn er 0,5 Proc. übersteigt, dem Pflanzenwachsthum schadet. Ein höherer Gehalt kommt jedoch selten vor; so enthält die aus Kiesen gewonnene Kammersäure von Oker durchschnittlich nur 0,05 Proc. As. Diese Mengen sind auf die Pflanzen ohne schädlichen Einfluss, und man will sogar beobachtet haben, dass Arsen in lebende Pflanzen übergehen kann, ohne dieselben in ihrer normalen Entwickelung wesentlich zu stören.

Beim Vermischen von Schwefelsäure mit Wasser — man lässt die Säure immer unter Umrühren ins Wasser fliessen, nicht umgekehrt — findet unter grosser Wärmeentwickelung Contraction statt, die aber im Betriebe weiter nicht berücksichtigt wird; so geben 80 kg 142° Säure und 20 kg Wasser anstatt 67 Liter nur 66 Liter (s. Anthon's Tabelle S. 158).

Die Aufbewahrung der Schwefelsäure betr., so benutzt man für Kammersäure Bleibehälter, für Säure über 131° aber eignet sich Gusseisen oder Schmiedeeisen besser; ersteres wird in der Kälte und in der Wärme gar nicht, das Schmiedeeisen bei gewöhnlicher Temperatur nicht wesentlich angegriffen. Beide Behälter hält man entweder möglichst voll, damit sich in Folge Luftzutritts kein Vitriol — in starker Säure unlöslich — bilden kann, oder versieht sie, hauptsächlich am Rande, mit

*) Zeitschr. f. angew. Chem. 1890, S. 132.
**) Siehe Handbuch der Schwefelsäurefabrikation, Stuttgart 1893, S. 294.

schützenden Kautschukanstrichen *). Diese Anstriche widerstehen bei genügender Stärke der Einwirkung der Säure ziemlich lange, etwa ein Jahr lang; grundirt man vorher das Eisen mit Mennige und trägt die Kautschukmasse recht heiss auf, so ist dieser Schutz fast dauernd.

Früher öfter aufgestellte Bassins aus Granit oder Sandstein, die aus mehreren Stücken zusammengesetzt und in Grössen von $7 \times 2 \times 1^1/_2$ m geliefert werden, haben sich zur Aufbewahrung von Schwefelsäure nicht recht bewährt. Der Stein, hauptsächlich letzterer, blätterte im Laufe der Zeit stark ab und verlor dadurch an Haltbarkeit; ausserdem kann derselbe leicht bestossen werden.

Muss die Säure transportirt werden, so bedient man sich der bekannten, 7 bis 10 Tonnen haltenden Transportkessel aus Blei oder Eisen, oder schmiedeeiserner Kasten oder Fässer, etwa 300 Liter fassend. Die Glasballons mit 70 bis 110 kg Säureinhalt verwendet man nicht mehr, d. h. nicht für grossen Säurebezug; jedoch mögen sie noch in kleinen Betrieben Verwendung finden und es erfolgt ihr Transport in der Fabrik mit besonderen Karren. Eine solche praktische Karre ist von E. Alisch & Cie., Berlin, construirt, D. R.-P. Nr. 49 643; sie enthält zur Vermeidung von Erschütterungen federnde Gabeln zur Aufnahme eines mit Tragbolzen versehenen, den Ballon umfassenden Bügels.

Die Säuretransportkessel sind jetzt meistens derart eingerichtet, dass man sie durch directen Luftdruck entleeren kann. Beim Oeffnen des Verschlussdeckels ist Vorsicht zu gebrauchen, da sich im Kessel leicht Wasserstoffgas entwickelt, das sich mit der Luft zu Knallgas vermischt und am offenen Lichte entzündet; auch entweichen, hauptsächlich aus der Abfallsäure, salpetrige Dämpfe, die Lungenlähmung hervorrufen können. Um solche Gasansammlung zu vermeiden, bringt man auf dem Kessel einen kleinen cylinderförmigen Aufsatz an, in welchem, fest eingeschlossen, ein zweiter oben offener und unten geschlossener, mit mehreren kleinen Oeffnungen versehener Cylinder eingesetzt ist.

Sehr oft ist man auf ein Aushebern der Säure angewiesen. Musste man früher die Heber anblasen, so fällt jetzt bei der Verwendung der sog. Circulationsheber **) diese umständliche Arbeit fort.

Schlammige Säure verwendet man nicht direct zum Aufschluss, sondern lässt sie absetzen und hebert die klare Säure ab. Die sich manchmal in ihr zeigende rothe Färbung ist dadurch hervorgerufen, dass nitrose Säure auf das Eisen des Behälters eingewirkt hat ***) — bekannte Richemont'sche Reaction. Bei einem Gehalte der Schwefelsäure an Schwefligsäure kann die Rothfärbung auch von Selen herrühren †).

---

*) Von Busse, Hannover, oder Wunderlich'sche Ebonitmasse von P. Langbein, Leipzig.

**) Hergestellt von Greve, Herzberg u. Cie., Köln.

***) Chem. Ind. 1890, S. 363.

†) Chem. Ind. 1883, S. 128.

Ist Schwefelsäure in kalter Jahreszeit aufzubewahren, so muss man sie schwächer als 142° halten, da sich aus stärkerer Säure, mit Ausnahme der 164 bis 168gräd., in der Kälte Krystalle, grosse sechsseitige Säulen mit zugespitzten Flächen, ausscheiden, die aus H_2SO_4, H_2O, spec. Gewicht 1,785, bestehen; H_2SO_4 bleibt als sog. Mutterlauge zurück. Das Aufthauenlassen der fast den ganzen Säurebehälter anfüllenden Krystallmasse ist umständlich und betriebsstörend.

Fliesst die Säure aus den Transportkesseln in tief liegende Behälter, so ist eine Pump- oder Druckvorrichtung zur Füllung der Hochreservoirs anzubringen. Ein solcher Behälter muss Raum für mindestens einen Waggon Säure, also einen Inhalt von etwa 6 cbm haben, und eignet sich hierzu ein eiserner, offener, in die Erde eingelassener Kasten mit 10 mm starken Wandungen, welcher mit einer Schutzvorrichtung versehen ist. An der tiefsten Stelle dieses geneigt liegenden Behälters bringt man einen Injector — die billigste Säurepumpe — an, indem man denselben entweder ganz oder zweckmässiger nur sein Saugrohr einhängt, das aus Hartblei oder aus einem Porcellanrohre besteht. Die Grösse des Injectors richtet sich nach der Höhe des Sammelreservoirs, in welches die Säure gepumpt werden soll und nach der zu bewältigenden Menge; so werden 10 000 kg 142° Säure durch ein 50 mm weites Gusseisenrohr bei einem Verbrauche von 180 kg trockenem Dampf in 35 Minuten in ein 15 m hochstehendes Reservoir gepumpt bei einer Dampfrohrweite von 40 mm, wobei eine Verdünnung der Säure um 1,8 Proc. = 3° eintritt. Es ist daher eine Controle der Concentration fortwährend nöthig, wenn die beiden Säurekasten, welche an den Mischgruben oder an der Mischmaschine ihren Stand haben, gefüllt werden. Diese Arbeit, sowie die des Säurepumpens wird von einem Vorarbeiter verrichtet, der auch bei jeder Füllung der Kasten die ermittelte Stärke in das Säurebuch einträgt.

In Fig. 1 (a. f. S.) bedeutet *S* das Saugrohr, *E* den Körting'schen Elevator, *D* das Druckrohr, *V* das Dampfventil und *d* den Dampfeingang.

Zum Heben der Säure eignet sich ferner die kolbenlose Membranpumpe von P. Haussmann*); sie hat der oben erwähnten Pumpe gegenüber den Vorzug, dass die Säure vom Dampf nicht berührt wird und daher keine Erwärmung und Verdünnung derselben eintritt. Ferner ist der Dampfverbrauch ein geringer. Die Säure kommt nur mit dem Saugventil *S*, Fig. 2, und dem Druckventil *D*, dem Pumpenteller *P* und der Membran *M* in Berührung, und es sind die ersteren drei Theile aus Hartgummi oder Hartblei hergestellt. *K* ist die Dampf- und Wasserkammer, *y* der Dampfeingang und *x* das Wasserventil.

10 000 kg Säure werden z. B. durch ein 125 mm weites, dickwandiges Saug- und Druckrohr und mittelst eines 40 mm weiten Dampfrohres in 12 Minuten gehoben.

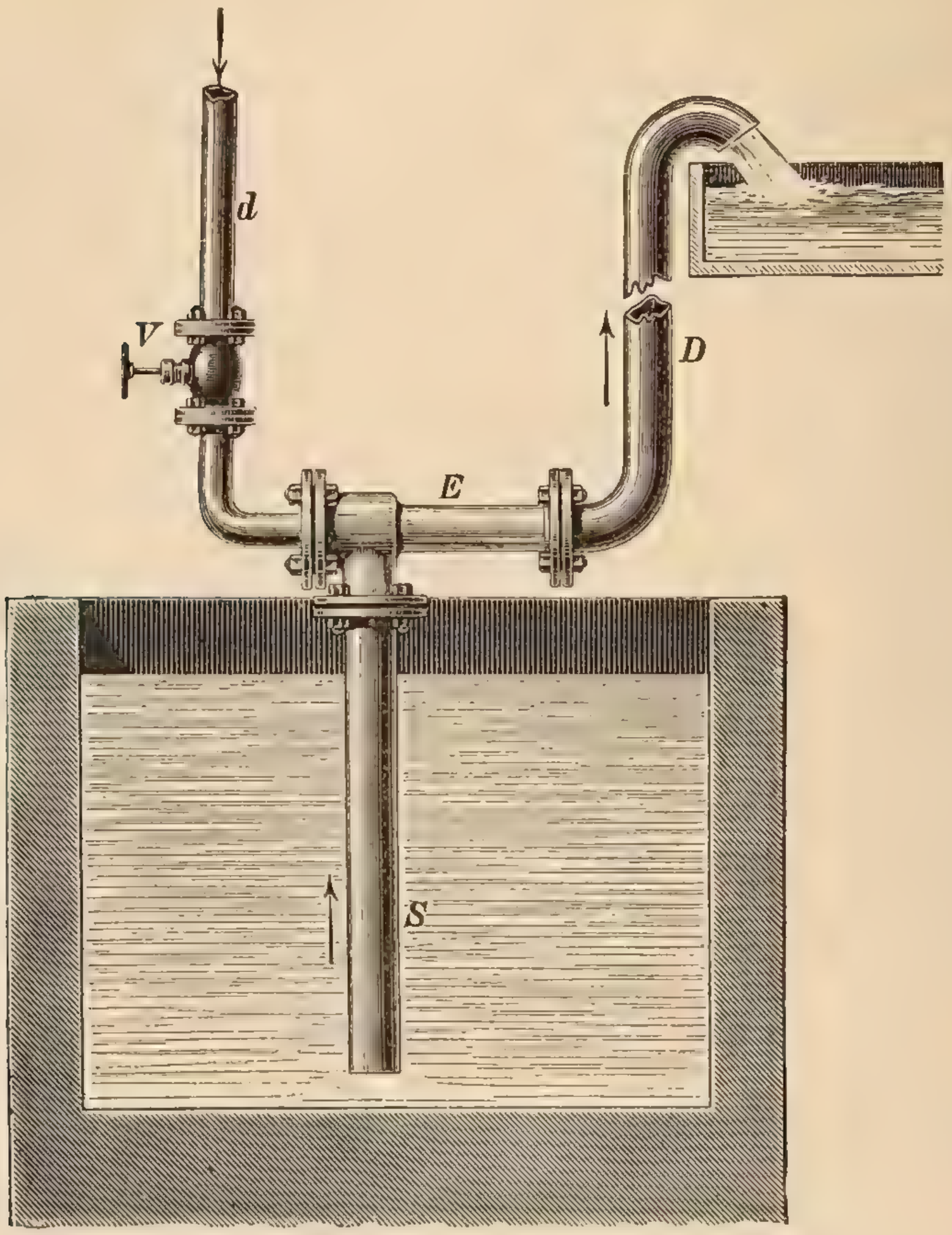
---

*) In Burg bei Magdeburg.

Auch die ventillose Pumpe, die sog. Würgelpumpe*), wird empfohlen; eine solche pumpt bis auf 30 m Höhe.

Wird ein sog. Montejus oder ein Druckkessel (s. Lunge's Handbuch der Schwefelsäurefabrikation) als unteres Reservoir angewandt, so

Fig. 1.



ist man bei deren Gebrauch an keine bestimmte Höhe gebunden. Dieses Säurepumpen ist sehr bequem, aber theuer wegen der Aufstellung einer Luftpumpe. Ueber kleine automatische Druckfässer siehe Jurisch's Schwefelsäurefabrikation, S. 175 und Lunge, S. 371. Zu erwähnen sind noch die Säurepumpen aus Steinzeug.

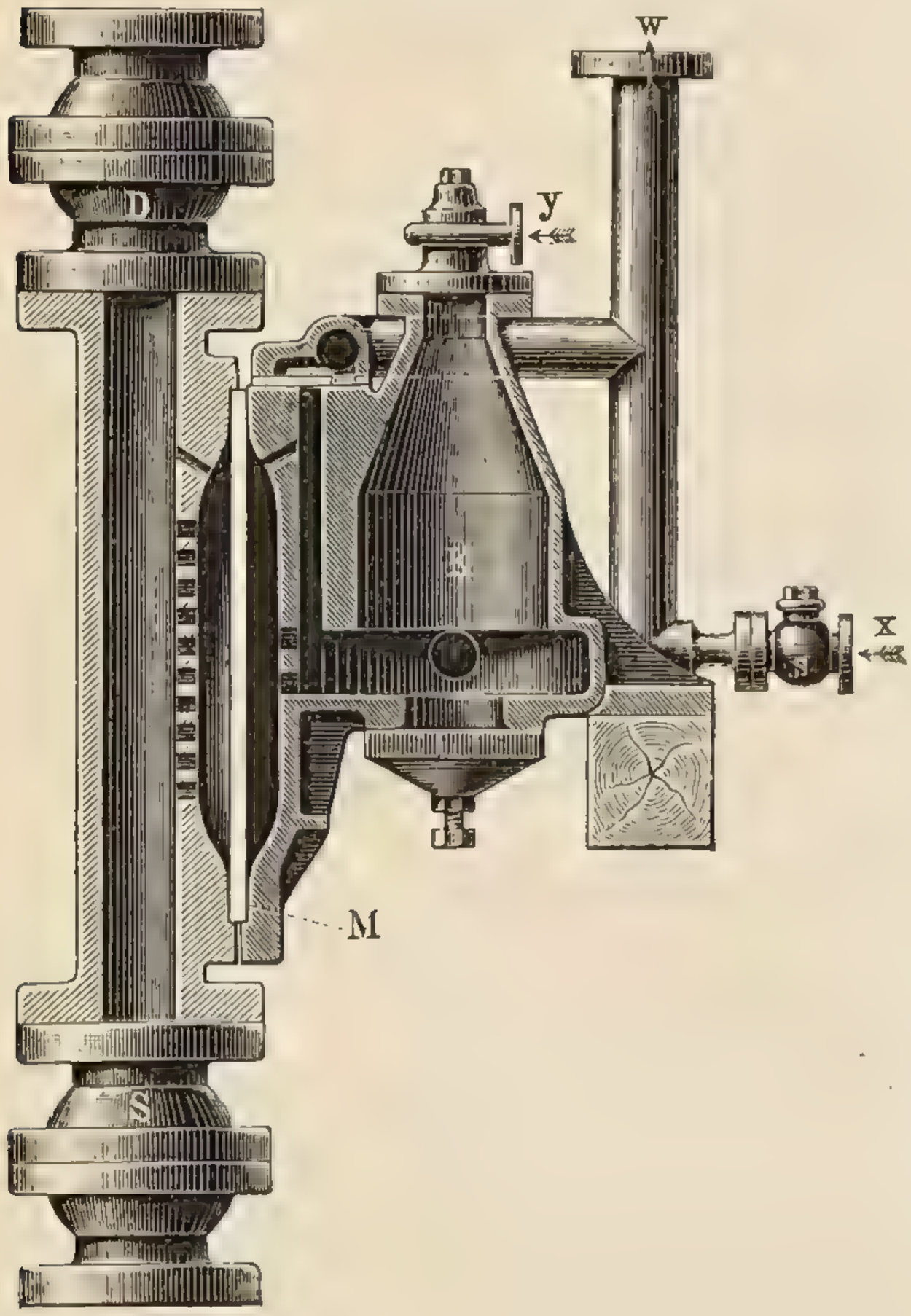
Das hochstehende Reservoir kann ebenfalls aus Eisen bestehen, muss aber, wie alle eisernen Theile, die mit Säure und Luft in Berührung kommen, mit dem erwähnten Anstrich versehen werden oder noch besser

*) v. Klein, Schanzlin u. Becker, Frankenthal.

verbleit sein. Als Blei verwende man nur reines Weichblei, da antimonhaltiges härteres Blei in der Wärme von der Säure angegriffen wird *).

Das obere Reservoir muss für mindestens 30 000 kg Säure Raum haben und mit einem Schwimmer versehen sein, der den Stand der Säure von unten leicht erkennen lässt; in einigen Fabriken fand ich ein Ueberlaufrohr als Sicherheitsmaassregel vor, welches in das untere Reservoir ausmündete. Oft werden mehrere Reservoire terrassenförmig aufgestellt, von denen das höher stehende seinen Ueberlauf in das tieferliegende hat. Der Bezug der Säure ist nach der Grösse der vorhandenen Reservoire zu regeln, da sich diese nach der täglichen Fabrikation richtet.

Fig. 2.



Zum Verdünnen der starken Säure mit Wasser dienen mit 3 mm starkem Bleiblech bis über den Rand hinaus ausgeschlagene, oben erwähnte Holzkasten, deren Haltbarkeit durch eiserne Bänder und Winkel erhöht wird. Ueber Herstellung dichter Holzkasten siehe D. R.-P. Nr. 47036: Zwei zusammenstossende Bretter erhalten Nuthen, und die beim Zusammenlegen entstandene einzige grosse Nuthe wird mit einer die Säure nicht durchlassenden Masse (Glycerinkitt) ausgefüllt.

Neuerdings bedient man sich als Auskleidungsmaterial des verbleiten Eisenblechs **), das sich billiger als reines Blei stellt. Als eine weitere Neuerung ist zu verzeichnen, dass eiserne Gefässe mit einem 3 mm starken Hartgummiüberzuge ***) versehen werden können.

Die Säurebehälter dürfen nie bis an den Rand gefüllt werden, da die Säure aus der Luft Feuchtigkeit anzieht und bei in Folge Betriebs-

*) Zeitschr. f. angew. Chemie 1892, S. 642.
**) Von J. L. C. Eckelt, Berlin N.
***) Gebr. Bolze, Mannheim.

störungen nicht zu vermeidendem längeren Stehen zum Ueberlaufen kommen kann; so vermag z. B. 142° Säure das Neunfache ihres Gewichts an Wasser aufzunehmen.

Schwefelsäure und Wasser werden den beiden in richtiger Höhe zur Aufschliessvorrichtung aufgestellten Bleikasten aus den Hochreservoiren zugeführt; man öffnet zuerst das Wasserventil und lässt dann die Säure unter Umrühren mit einem ruderartigen Holze einfliessen. Die beiden Ventile oder Hähne, welche man, um eine Verwechslung auszuschliessen, mit *W* und *S* bezeichnet, bringt man dicht über den Bleikasten an, so dass kein Verspritzen eintritt.

Zum Messen der Säurehöhe dienen Maassstäbe von Blei oder besser solche von Kupfer mit eingekerbter und signirter Centimetereintheilung, die bei jeder Füllung der Kasten stets an ein- und derselben Stelle eingetaucht werden müssen, oder zweckmässiger in den Kasten fest angebracht sind.

Die Säurekasten baut man gewöhnlich 1000 mm breit, 5500 mm lang und 750 mm hoch, und es fasst ein solcher bei einer Füllung mit 106° Säure auf 700 mm Höhe 3850 Liter = 5890 kg. Soll in einem dieser Kasten 106° Säure aus 142° hergestellt werden, so sind nach folgender Berechnung 1153 Liter Wasser und 2697 Liter 142° Säure nöthig: 100 kg 106° Säure bestehen aus 80 kg 142° Säure und 20 kg Wasser = $\frac{80}{1{,}710}$ = 46,8 Liter 142° Säure + 20 Liter Wasser. Es hat demnach ein Säurekasten von obigen Maassen bei

1 cm Höhe am Maassstabe einen Inhalt von 55 Liter,
2 „ „ „ „ „ „ „ 110 Liter u. s. w.

Zur Herstellung von 5000 kg 160° Säure lasse man also Wasser auf 18 cm Höhe und $42^1/_2$ cm 142° Säure einlaufen.

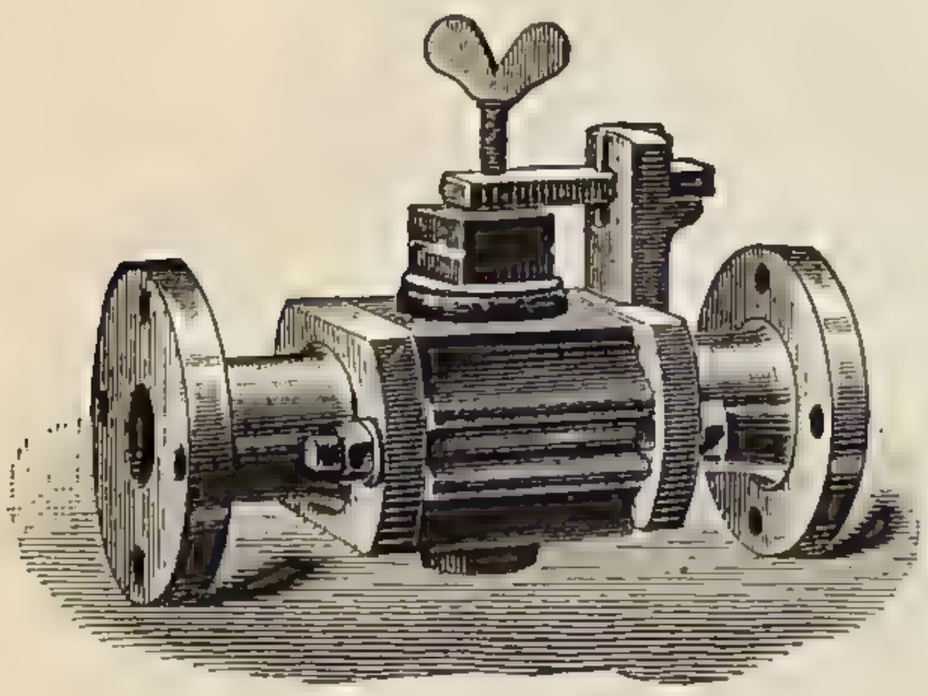
Aus den Bleikasten, die abwechselnd gefüllt werden, gelangt nun die Säure von bestimmter Grädigkeit zu der Aufschliessvorrichtung, nachdem man sie vorher abgewogen oder gemessen hat.

In den Säure- und Dampfleitungen sind scharfe Biegungen zu vermeiden. Das zur Verhütung von Condensation mit Isolirmasse gut zu umhüllende Dampfrohr lässt man von einem hochgelegenen Punkte des Kessels abzweigen und öffnet zum Anlassen langsam das Dampfventil, bis die Säure im Injector angesogen ist, dann aber rasch und voll. Zum Abstellen wird das Ventil schnell geschlossen. Am tiefsten Punkte des Dampfrohres wird ein Hahn zum Ablassen des Condensationswassers angebracht. Die Säureleitungen nimmt man 40 mm weit; als Verpackung derselben verwendet man Hartbleischeiben, die beim Anziehen der Flansche nachgeben, mit Glycerinkitt (s. S. 178). Neuerdings wird als Verpackung die Calmon'sche rothe Gummiplatte, die mit Schwefelsäure nicht hart und brüchig wird, sondern jahrelang weich und elastisch bleibt, benutzt; auch finden mit Bleidraht durchwirkte Asbestplatten Verwendung.

Diejenigen Ventile und Hähne, welche der täglichen Benutzung ausgesetzt sind, nimmt man am besten aus Hartgummi, die sich freilich viel theurer stellen als bleierne mit Gummiküken, dafür aber dicht schliessen und lange halten. Hartbleiküken dagegen werden leicht angefressen, und Hartbleihähne eignen sich nur für geringen Druck, die von Hartgummi aber nur für kalte Säure. Hat man mit heisser Säure zu thun, so bediene man sich der Thonküken, die recht gut halten, während Thonhähne ihrer Zerbrechlichkeit wegen zu verwerfen sind.

Die Hähne in der Säureleitung müssen festsitzen, damit durch etwaige Loslösung keine Säure ausfliesst; man hängt zweckmässig unter ihnen Bleischalen zum Auffangen derselben auf. Bei Hähnen von Hartblei und Hartgummi ist immer eine Anzugsschraube anzubringen, oder man hält die Küken durch ein Bleiblech, durch das der Griff hindurchgesteckt ist und welches fest um die Hülse herumgebogen wird.

Fig. 3.



E. March Söhne, Charlottenburg, haben kürzlich einen Thonhahn mit unverschiebbarem Küken hergestellt, der allen Anforderungen entsprechen soll (Fig. 3). Der mittlere Theil ist von Thon, die seitlichen, gut abgedichteten Flanschstücke mit Schrauben sind aus Hartblei.

Auch Arndt's Hartbleiniederschraubventile der Maschinenfabrik Bernburg, D. R.-P. Nr. 48 424, finden sich vielfach im Gebrauch; der Schraubenkopf dieses Ventils ist vollständig von säurebeständigem Paragummi umhüllt, und es kommt die Säure mit der Schraube bez. deren Knopfe nicht in Berührung.

Alle Ventile und Hähne der Säureleitung, welche letztere man nicht verdeckt in der Erde, sondern stets sichtbar, eventuell in Holzrinnen liegend anbringt, um Undichtigkeiten sofort erkennen zu können, müssen sich in verschliessbaren Kasten befinden.

Hat sich ein Arbeiter mit Säure verbrannt, so schütte man schnell viel Wasser auf die Brandwunde und dann eine schwache Sodalösung, worauf man warme Bleiwassercompressen auflegt *).

Bei dieser Gelegenheit seien die bekannten Fr. v. Esmarch'schen Vorschriften zur Hülfeleistung in Unglücksfällen zum Aushang empfohlen **).

Wo man Bisulfat zur Stelle hat, kann man sich desselben zum Aufschluss bedienen (s. S. 24). Hallwell ***) gebrauchte schon 1886 das

*) Ber. d. chem. Berufsgenossenschaft 1892.
**) Aushänge und Verbandkasten liefern C. Goerg u. Co., Berlin.
***) Chem.-Ztg. 1893, S. 265.

Salz zur Superphosphatfabrikation und stellte sich die Lösung her, indem er die flüssige Salzmasse direct aus den Salpetersäureretorten in mit Wasser gefüllte, mit Rührwerk versehene ausgebleite Kasten laufen liess.

Martinon*) empfiehlt dasselbe Verfahren.

Der technische Theil der Superphosphatfabrikation

zerfällt in drei Operationen:

1. in die Zerkleinerung des Rohphosphats,
2. in das Aufschliessen desselben mit Schwefelsäure und
3. in die Zerkleinerung des Superphosphats.

Die Zerkleinerung des Rohphosphats

erfolgt auf dem Steinbrecher oder auf der Walzenmühle und dann auf Kollergang oder Mahlgang oder Kugelmühle.

Die meisten Mineralphosphate werden in Stücken angeliefert; einige Phosphate kommen gemahlen zum Versand, während andere, wie Knochenasche, Guano u. s. w. nur eines theilweisen Mahlens bedürfen.

Ist das Material nass, so muss dasselbe vor dem Mahlen getrocknet werden (s. S. 18). Man ersieht aus dem Wassergehalt des Phosphats ungefähr, ob dasselbe ein trockenes oder feuchtes Superphosphat geben wird; letzteres ist der Fall, wenn obiger Wassergehalt plus dem bekannten der Schwefelsäure höher ist, als das Bindungsvermögen der beim Aufschluss entstehenden Salze (s. S. 17).

Die Grösse des Steinbrechers (Fig. 4) ist derart zu wählen, dass er in derselben Zeit das doppelte Quantum Material bricht, als die Mühle vermahlt, um bei Nachtbetrieb das Brechen einstellen zu können. Die der Abnutzung ausgesetzten, leicht auswechselbaren Theile, wie die Brechbacken und die Seitenstücke im Brechraume, lässt man aus Hartguss herstellen. Die untere Weite des Brechmauls muss verstellbar sein, um das Phosphat in verschiedenen Grössen brechen zu können. Einseitiger Antrieb genügt, ist aber schädlich, weil die Lager darunter leiden; die Tourenzahl beträgt am zweckmässigsten 200 in der Minute. Die obere Brechmaulweite nimmt man gewöhnlich 300 auf 200 mm, und es liefert dieser Brecher bei 5 mm Spalt stündlich bis 3000 kg gebrochenes Material bei einem Kraftverbrauche von 3 bis 4 Pferden. Die Bedienung erfolgt von einem Arbeiter; Jungen fahren auf Kippwagen Material an und ab.

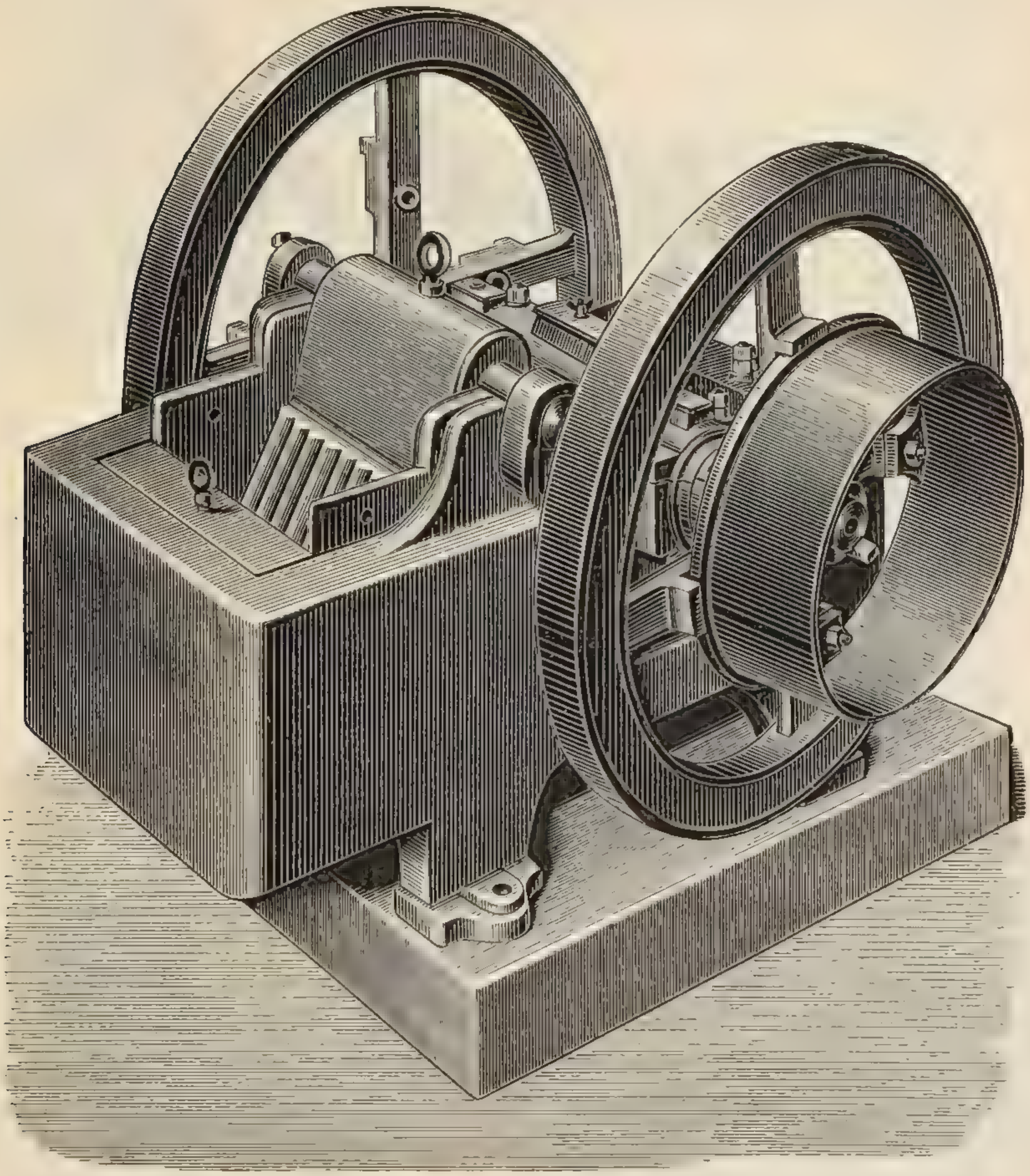
Bei einer jährlichen Production von 5000 Tonnen Superphosphat genügt ein Brecher auf einen Kollergang, bez. zwei Mühlen.

---

*) Chem.-Ztg. 1891, S. 1756.

Eine andere Brecheinrichtung besteht aus Zackenwalze, Brechrost und Seitenplatten und lässt der Rost das zerdrückte und zerriebene Material in einer bestimmten Grösse passiren. Fig. 5 zeigt ein solches Brechwerk in Verbindung mit einem Feinwalzwerk von A. Kahl, Hamburg.

Fig. 4 *).



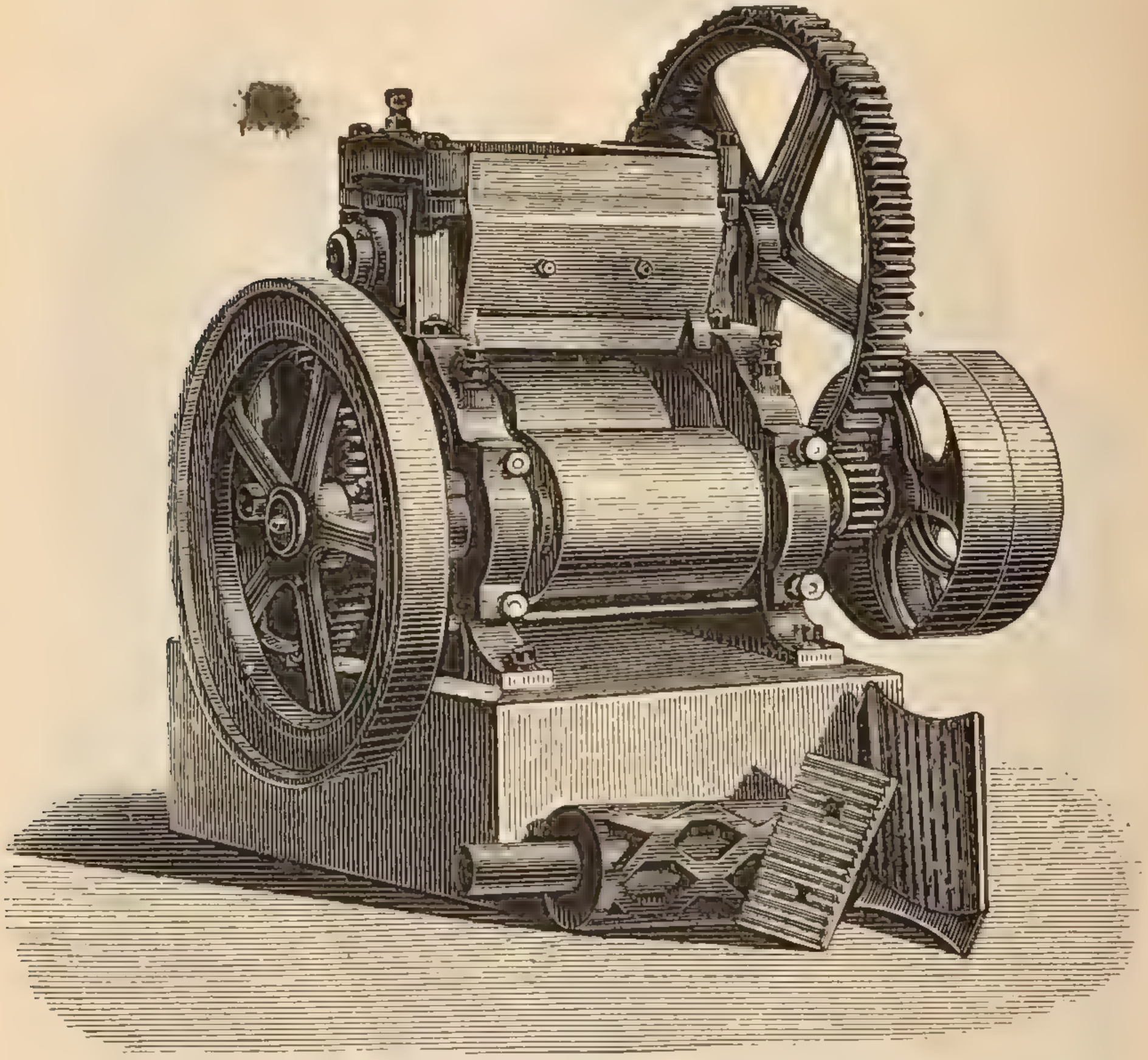
Der Walzenabstand ist regulirbar; das Material wird auf der Sichtmaschine weiter verarbeitet.

Früher stellte man einen Kollergang auf, wenn es sich um Mahlung sehr harter Mineralphosphate handelte, oder wenn man zur Schonung der Mahlgänge „vorschroten“ wollte. Das festeste Phosphat ist der Sombrerophosphorit mit Härte 6, worauf der Apatit mit seiner

*) Skizze von Brinck u. Hübner, Mannheim, welche Firma sich mit Einrichtungen von Düngerfabriken befasst.

bekannten Härte 5 folgt. Die schwer mahlbaren Phosphate glühte man, wo Gelegenheit dazu war, früher oft in einem Ofen, welcher mit der Darre in Verbindung gebracht wurde, oder in Retorten, wodurch ihre feste Structur verloren ging und dieses geglühte Material auf Mahlgängen zu verarbeiten war; hierbei wurden auch die von Silicaten eingeschlossenen Phosphattheile grösstentheils gelockert. Da, wo man

Fig. 5.

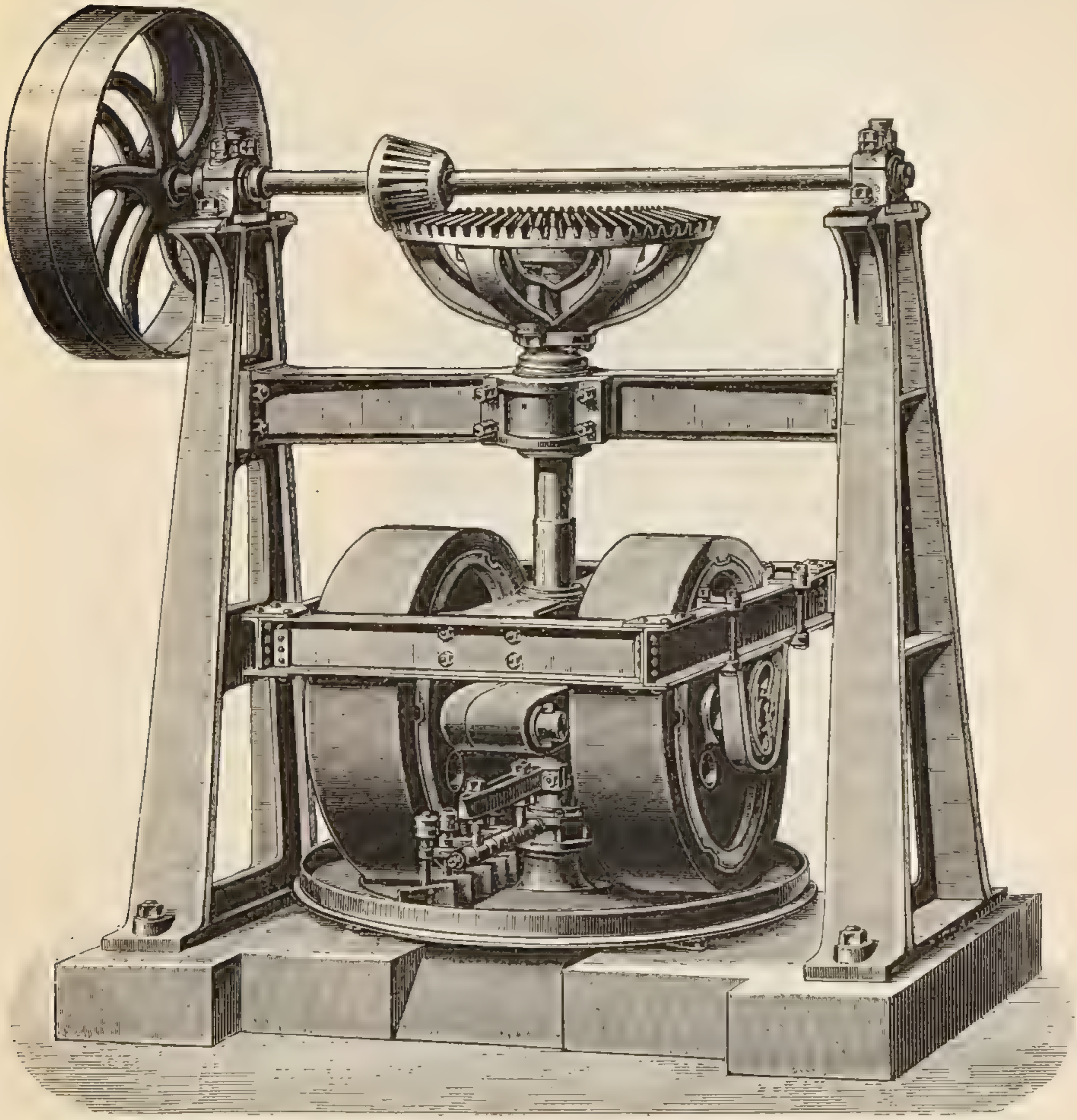


nur über Mahlgänge verfügte, war wohl das Glühen am Platze; seitdem man aber mit Kugelmühlen mahlt, fallen obige Mahlungsschwierigkeiten fort. Nach Stohmann*) sollen Mühlsteine die zehnfache Menge, Kollergänge das Doppelte vom geglühten Phosphat im Vergleich zum ungeglühten mahlen können. Petermann will durch Erhitzen des Phosphats auf 1300 bis 1500° die Phosphorsäure löslicher, also das Phosphat zur directen Düngung geeignet machen; Franz. Pat. Nr. 15237, s. S. 2 u. 110. Halbsaurer phosphorsaurer Kalk (s. S. 9) geht beim Glühen in Pyrophosphat über — $2\,CaHPO_4 = Ca_2P_2O_7 + H_2O$ —, was beim Aufschluss von Knochenkohle bezw. Knochenasche zu bemerken ist.

*) 2, S. 1054.

Die beiden Läufer des Kollerganges müssen sich ein jeder auf eigener Kurbelachse drehen, welche von der anderen ganz unabhängig ist, Fig. 6. Jede Achse wird durch eine Kurbel vom Kreuzkopf aus geschleppt

Fig. 6.

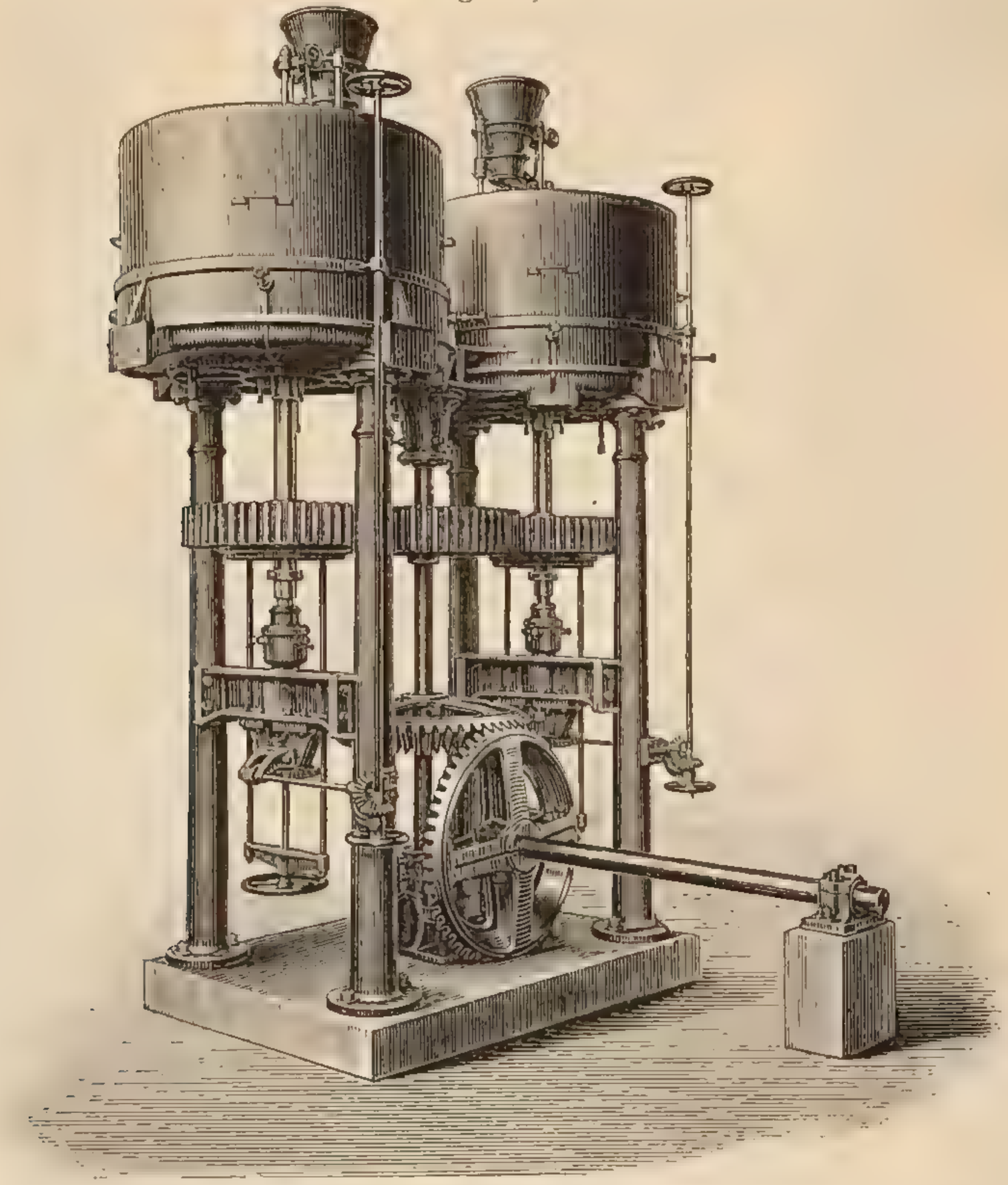


und ist der Kurbelzapfen im Kreuzkopf des frei beweglichen Königsstocks gelagert. Diese Einrichtung bezweckt, dass jeder Läufer während des Ganges unabhängig von dem anderen durch grössere Phosphatstücke in verticaler Richtung gehoben werden kann, ohne dass sich die Läufer zu einander schief stellen. Die Läufer werden aus Steinen oder aus Eisen mit starken Hartgussringen angefertigt und legt man die Läuferbahn mit auswechselbaren Hartgussplatten zusammen, und zwar am billigsten und zweckmässigsten auf Fabriksohle mit Antrieb der Läufer von oben.

Man nimmt die Läufer gewöhnlich mit einem Durchmesser von 1500 mm und einer Stärke von 350 mm, und die Antriebscheibe von solchem Durchmesser, dass der Läufer in der Minute etwa 20 Touren macht. Der ungefähre Kraftverbrauch beträgt ausschliesslich Becherwerk und Sieb etwa 7 Pferde und die durchschnittliche Leistung an Feinmehl 10 000 kg in 10 Arbeitsstunden.

Das Aufgeben des nöthigenfalls gebrochenen Phosphats geschieht beim offenen Kollergange direct mittelst Schaufel oder beim, mit einem

Fig. 7*).



zweitheiligen Blechmantel mit verschliessbaren Seitenthüren geschlossenen in der Mitte zwischen beiden Läufern durch ein Becherwerk in einen weiten Blechtrichter. Durch Streicher wird das zerdrückte Material aus der Mitte der Läuferbahn nach ihrer Peripherie bewegt und dort continuirlich in eine Ausfallöffnung entleert, von wo aus das Mahlgut mittelst Becherwerk nach der Siebvorrichtung gehoben wird. Ein Junge fährt das Material an, ein Mann giebt dasselbe auf, hängt die Säcke

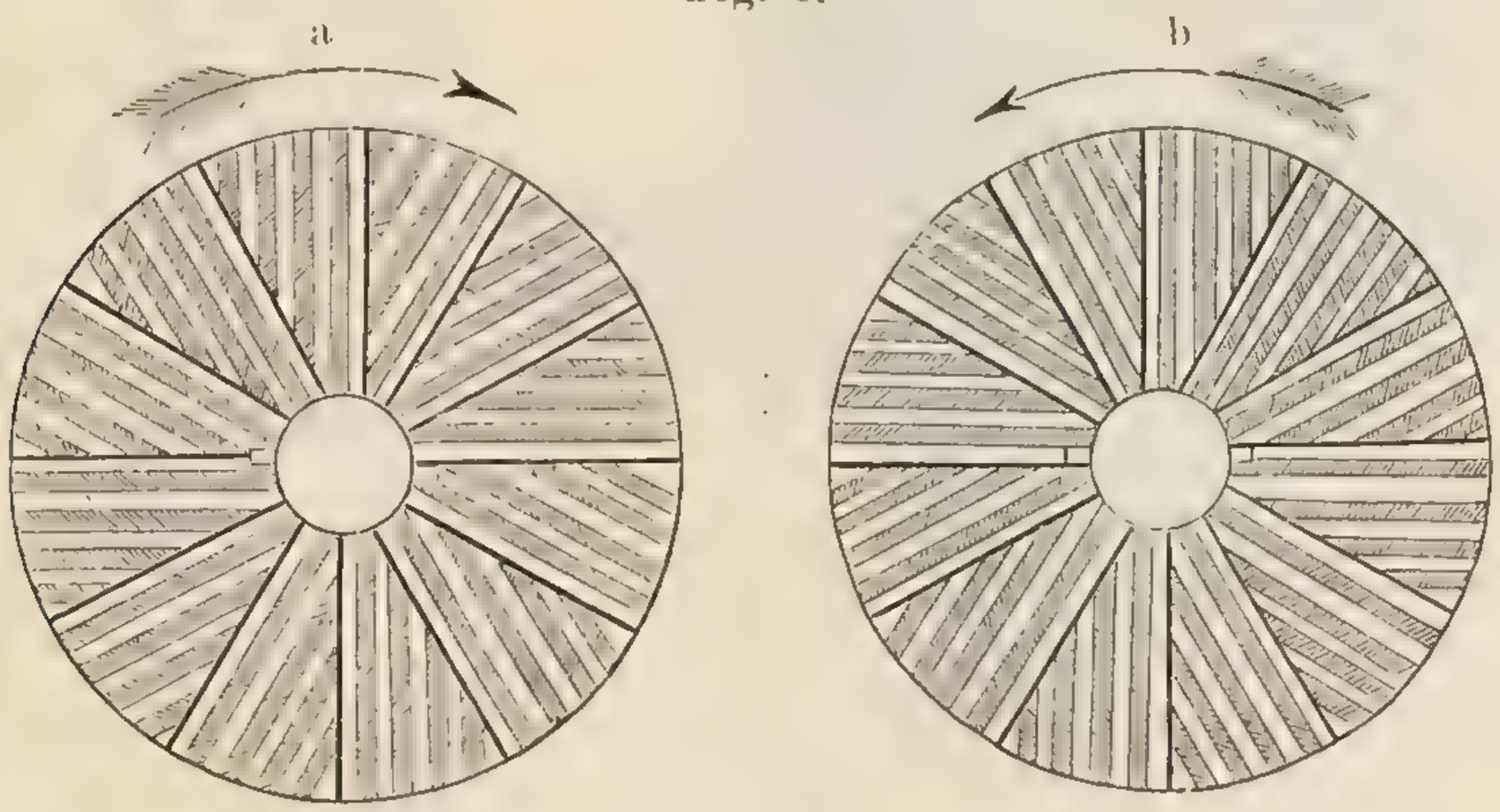
*) Skizze von Fr. Krupp, Grusonwerk, Magdeburg-Buckau.

unter Benutzung eines Sackhalters unter dem Trichter an und ab, wiegt und bindet oder er füllt Transportwagen damit. Die beiden Arbeiter haben Kollergang, Becherwerk und Siebvorrichtung in Ordnung zu halten.

Entscheidet man sich zur Aufstellung von Mahlgängen (Fig. 7), so ist das Material bis auf Wallnussgrösse vorzubrechen, bez. auf dem Kollergange vorzuschroten. Ist grobstückiges Phosphat mit feinem gemischt, so lässt man dasselbe vor der Mahlung ein passendes Sieb, eine Siebtrommel, passiren, damit das Feine, welches zur Mühle wandert, abgesondert wird.

Unter den Mahlgängen unterscheidet man Ober- und Unterläufer und zieht erstere vor, wenn hartes Phosphat vorliegt, während die Unterläufer hauptsächlich bei weichem Anwendung finden. Als Steinmaterial benutzt man Karpathenquarz oder besser französische Steine, welche härter und dauerhafter sind, hauptsächlich die aus sog. Kopfstücken zusammengesetzten.

Fig. 8.



Aus beistehender Fig. 8 ist ersichtlich, wie das Schärfen der Steine, und zwar nach französischer Weise, zu geschehen hat. Zum Ausfüllen von Löchern oder Fugen in den Mühlsteinen verwendet man einen leicht steinhart werdenden Kitt, den bekannten Mühlsteinkitt *).

Die Tourenzahl der Steine mit einem Durchmesser von nicht unter 1500 mm soll nicht weniger als 150 in der Minute betragen. Bei einem Kraftverbrauche von etwa 8 Pferden liefert ein solcher Mahlgang bei Verarbeitung mineralischer Phosphate bis 5000 kg Mehl in der Stunde; sprödes Material mahlt sich verhältnissmässig besser als weiches. Das Material wird dem Mahlgange durch Becherwerk und Schüttelkasten zugeführt und ist zur Bedienung zweier Mahlgänge, die man nahe zusammenlegt, ein Müller nöthig, der dieselben mit einem Arbeiter zusammen bedient und die Steine schärft.

---

*) Von K. W. Kunis, Leipzig-Reudnitz.

Als Betriebssäcke zum Aufbewahren von Mahlgut benutzt man starke sog. Getreidesäcke oder solche, für die man weiter keine Verwendung hat, wie Säcke von geliefertem feinen Material, auch wohl Kainitsäcke ($57 \times 112^1/_2$ bezw. $120^1/_2$ cm) u. dergl. Beim Aufstapeln von gefüllten Säcken führt man die Stapel zum festeren Halt im sogenannten Kreuzstoss auf; man darf keinenfalls gegen Mauerwerk mit Säulen oder gegen letztere lagern, da entweder Bruch oder Verschiebung

Fig. 9.

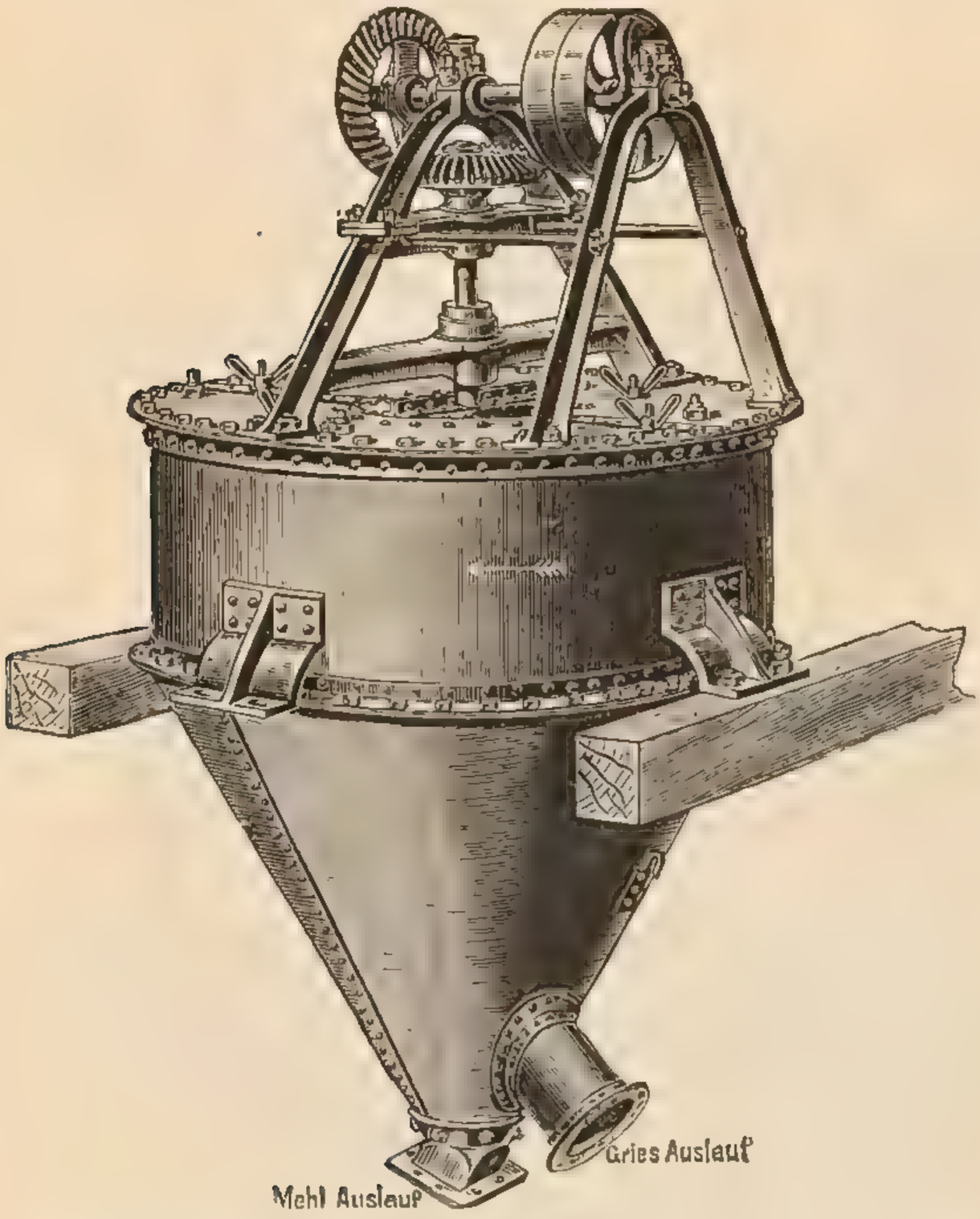
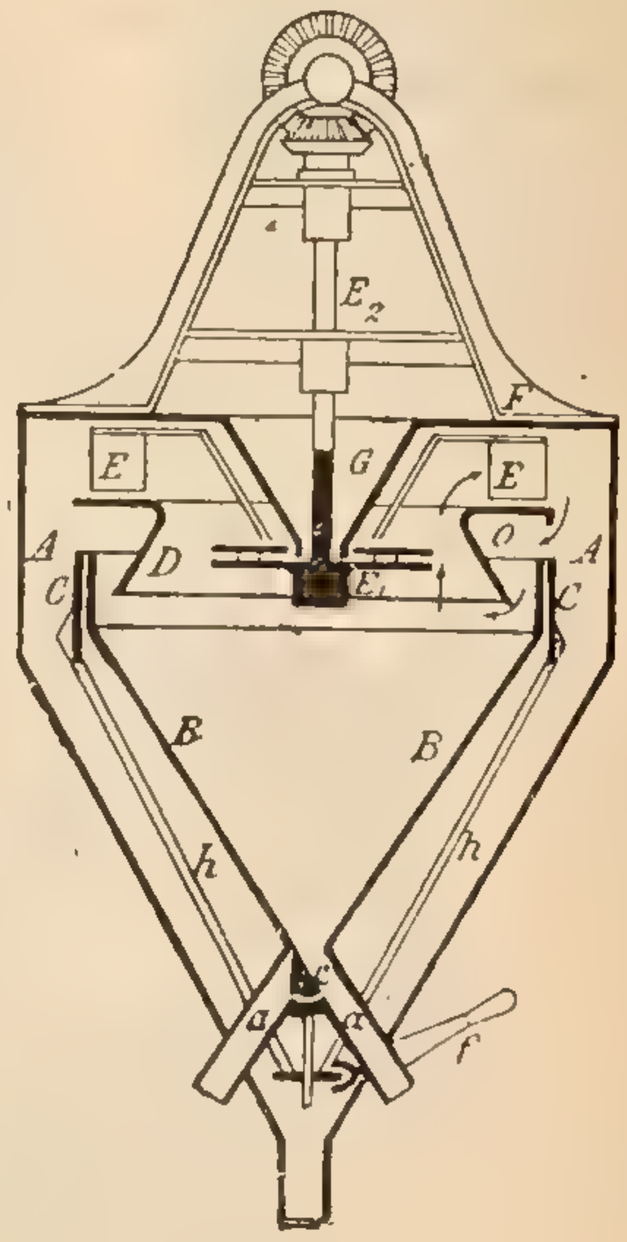


Fig. 10.



und damit Verschiebung des ganzen Baues und der Transmission stattfinden kann.

Beim Kollerbetriebe bediente man sich früher zwecks Siebung des Mahlguts des Schurr- oder Klopfsiebes (D. R.-P. Nr. 14461 von Nagel und Kaemp, Hamburg). Ein geschlitztes Eisenblech liegt geneigt und wird durch Schläge eines darunter angebrachten regulirbaren Klopfmechanismus in Vibration gesetzt; die Neigung der Siebfläche wird durch ein Handrad gestellt, so dass man mit ein und demselben Siebe feines und gröberes Mehl liefern kann: je schräger das Sieb, desto feiner das Korn, je stärker der Schlag, desto gröber das Mehl.

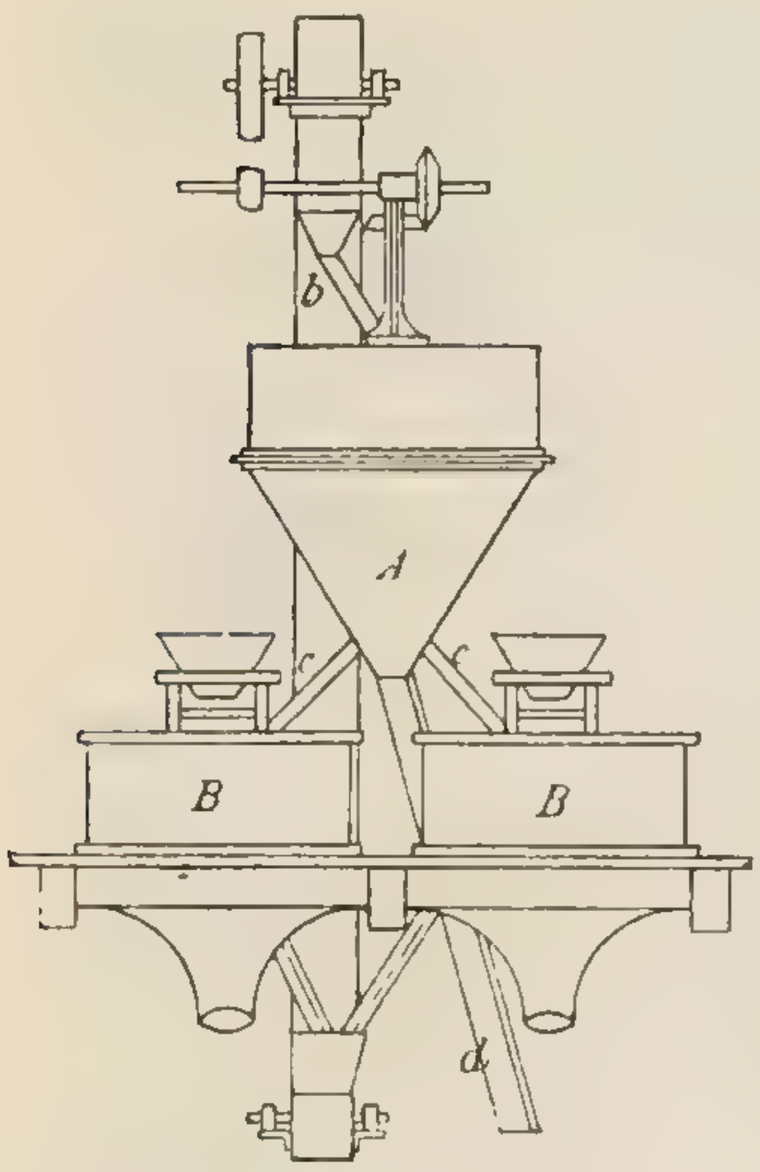
Die Schlitzweite beträgt 0,5 bis 1 mm und trifft man die Wahl nach der Dichte des Phosphats; je dichter es ist, desto feiner ist es zu mahlen (siehe S. 42). Ueber dieses Sieb legt man zur Schonung in einem Abstande von 10 bis 20 mm ein starkes rund gelochtes Blech mit 2 bis 3 mm

Lochweite, welches das Grobablaufende direct wieder in den Kollergang gelangen lässt. Diese beiden Siebe befinden sich in einem geschlossenen Holzgehäuse, welches auch für das eigentliche Feinsieb einen Ausgang in den Kollergang hat; das Siebgut fällt in einen mit Blechschieber absperrbaren Holztrichter.

Das Becherwerk beansprucht etwa drei Pferdekräfte, das Sieb eine Pferdekraft.

Von den Becherwerken sei hier gleich gesagt, dass man sich am besten starker Lederriemen bedient und auf diesen die Blechbecher aufschraubt; diese Schrauben sind bequem zu lösen und die Becher daher leicht auszuwechseln. Hauptsächlich beim Heben von Superphosphat haben sich die aus eisernen Gliedern zusammengesetzten Elevatoren nicht bewährt, da sich die Waare in den Gliedern festsetzt und dieselben in ihrer Bewegung hindert.

Fig. 11.



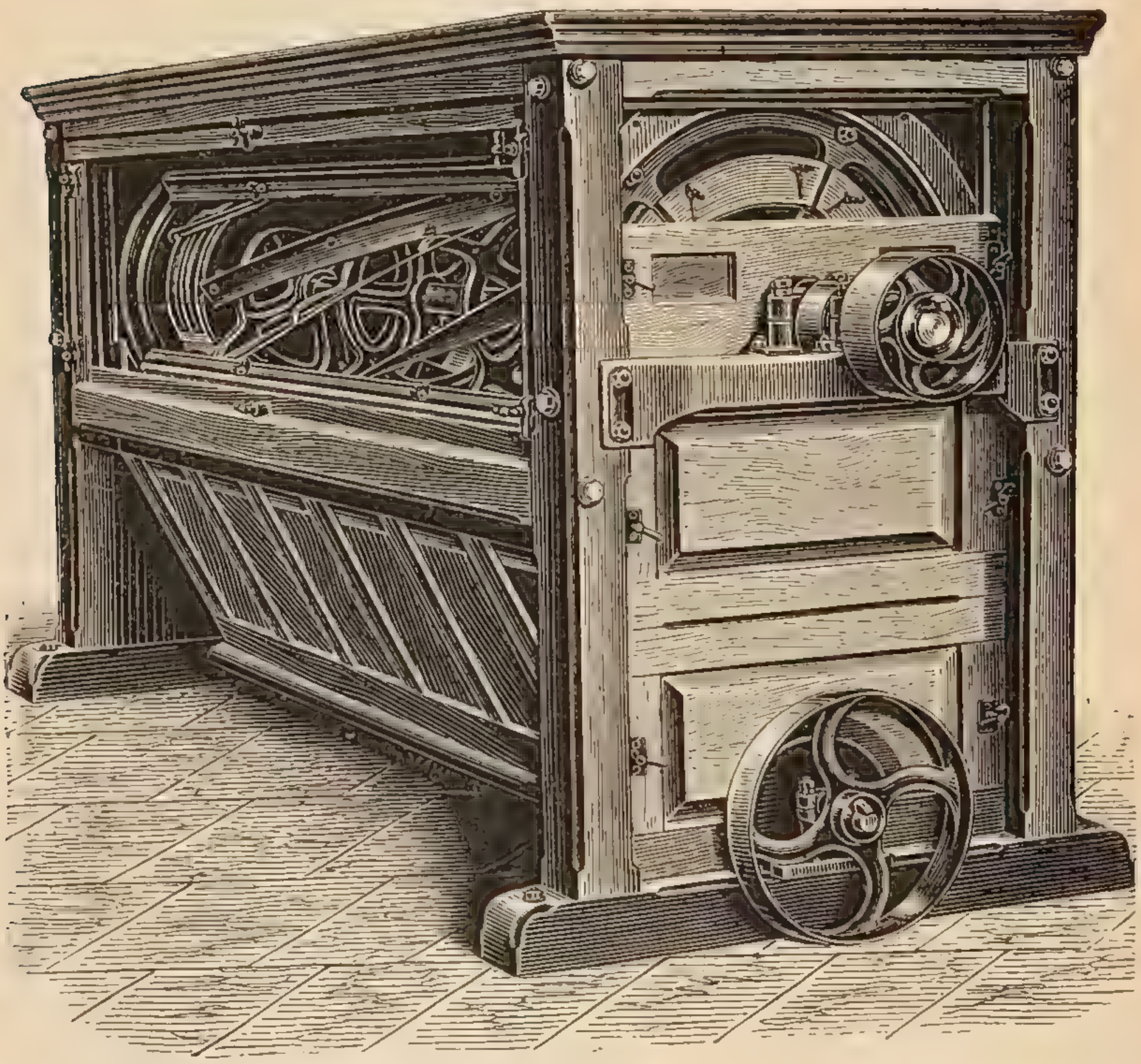
Anstatt der genannten Siebe bedient man sich auch der Windseparatoren von Mumford u. Moodie, D. R.-P. Nr. 32640*) (Fig. 9); sie haben den Vortheil, dass sie wenig Kraft gebrauchen, keiner Wartung bedürfen und staubfrei arbeiten. Der Separator wird zum Sieben von Phosphaten in zwei Grössen geliefert, mit 1500 und 1800 mm Durchmesser bei 250 bezw. 200 Touren in der Minute, die je nach dem Material und der verlangten Feinheit stündlich bis 1000 kg bezw. 1800 kg Mehl liefern. Fig. 10 zeigt den Verticalschnitt durch den Apparat. A ist die äussere Blechumhüllung, B der innere Kegel, E der Ventilator, welcher durch die verticale Welle E_2 angetrieben wird, E der Streuteller. Ein System D von scheibenring- oder kegelförmigen Blechtheilen, wechselnd in der Anordnung mit der zu erzielenden Feinheit, ist unter dem Ventilator und um den Streuteller angebracht und zwingt die vom Ventilator angesaugte Luft, das vom Streuteller in einer dünnen Schicht abfliessende Material senkrecht zu durchdringen. Der Luftstrom führt die feinen Mehltheile nach oben zum Ventilator, welcher das Mehl an die Wand des cylindrischen Obertheiles wirft; das Mehl sinkt im äusseren Kegel im Auslauf nieder. Die vom Ventilator ausgestossene mehlfreie Luft tritt auf dem kürzesten Wege zwischen dem inneren kegelförmigen Untertheile und dem System von Scheiben u. s. w. zurück unter den Streuteller und in den Saugraum des Ventilators, so einen immerwährenden

*) Zu beziehen von Gebr. Pfeiffer, Kaiserslautern.

Kreislauf beschreibend. Die den Luftstrom durchfallenden grobe Theile sammeln sich im inneren Kegel und gelangen durch die Rohre *a a* in die Mühle zur weiteren Zerkleinerung zurück.

Bei gleichmässiger Tourenzahl erhält man dieselbe Korngrösse, die ausserdem durch Drosselung oder Oeffnung des Windaustrittquerschnitts stets schnell und leicht verändert werden kann. Fig. 11 (a. v. S.) zeigt die Anwendung des Separators in Verbindung mit zwei Mahlgängen. Das aus den beiden Gängen *B B* kommende Mahlgut wird durch ein Becherwerk

Fig. 16.



gehoben und durch die Rinne *b* in den Separator *A* entleert. Das feine Mehl läuft durch die Rinne *d* ab, während das Grobe durch die Rinnen *c c* wieder auf die Mahlgänge gelangt.

Die von M. Friedrich & Cie., Leipzig, construirte Rund-Plansortirmaschine (Fig. 12 bis 15) eignet sich, wenn man nur über Kollerbetrieb verfügt, sehr gut für Siebzwecke.

Die Einrichtung besteht aus einer beliebigen Anzahl über einander zu setzender Siebe $a\,a_1 \ldots$ mit dazwischen liegenden Sammeltellern $c\,c_1 \ldots$, wovon das oberste Sieb die gröbste, das unterste die feinste Bespannung hat. Dem ganzen auf einer Grundplatte *d* ruhenden Siebsystem wird durch

Fig. 12.

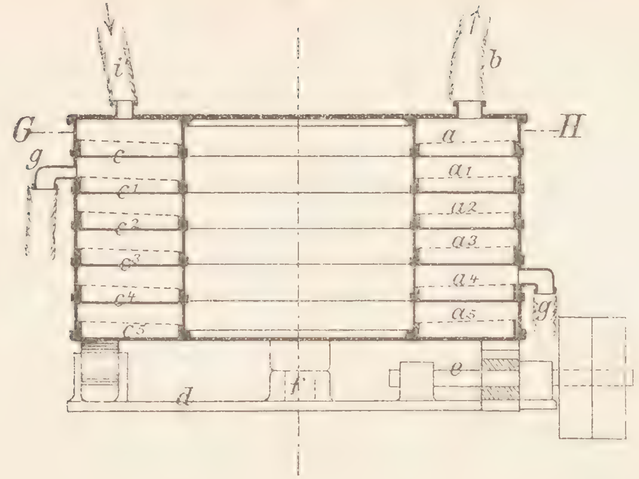


Fig. 13.

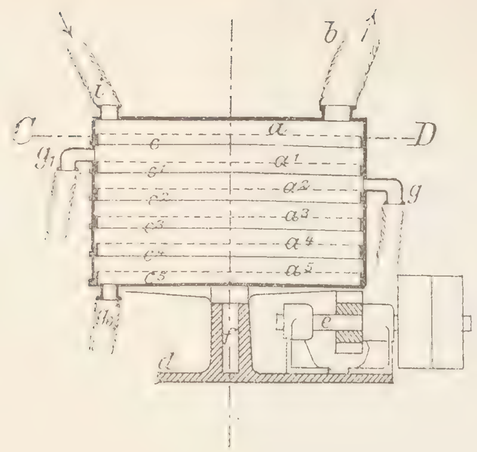


Fig. 14.

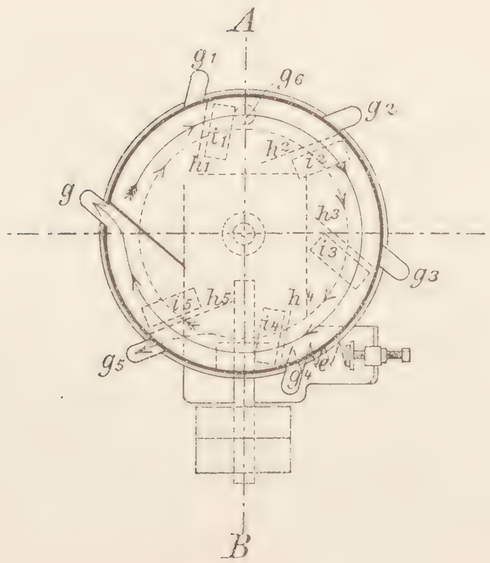
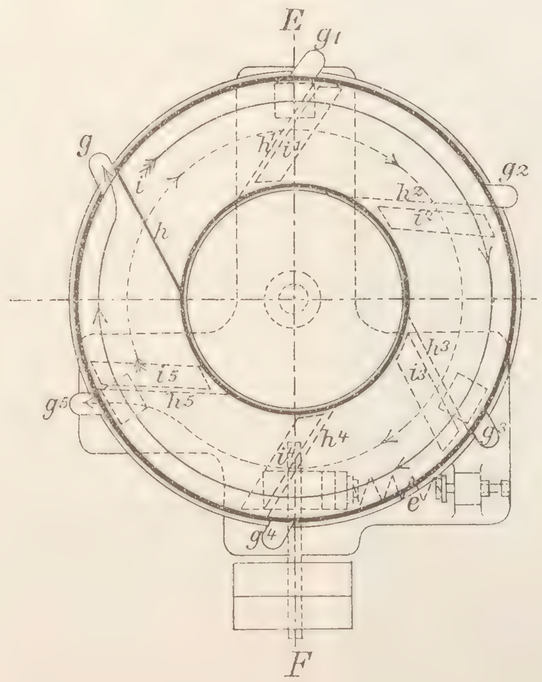


Fig. 15.



ertheilte Schläge eine stossweise, um den Zapfen f schwingende Bewegung gegeben, wodurch ein Transport des Siebguts in der Stossrichtung nach der Peripherie hin bewirkt wird.

An der Peripherie der Siebe sind Ausläufe $g\,g_1\ldots$ angebracht, aus welchen das auf den Sieben zurückgebliebene grobe Siebgut durch die hinter diesen Ausläufen angebrachten Scheidewände $h_1\,h_2\ldots$ gezwungen

Fig. 17.

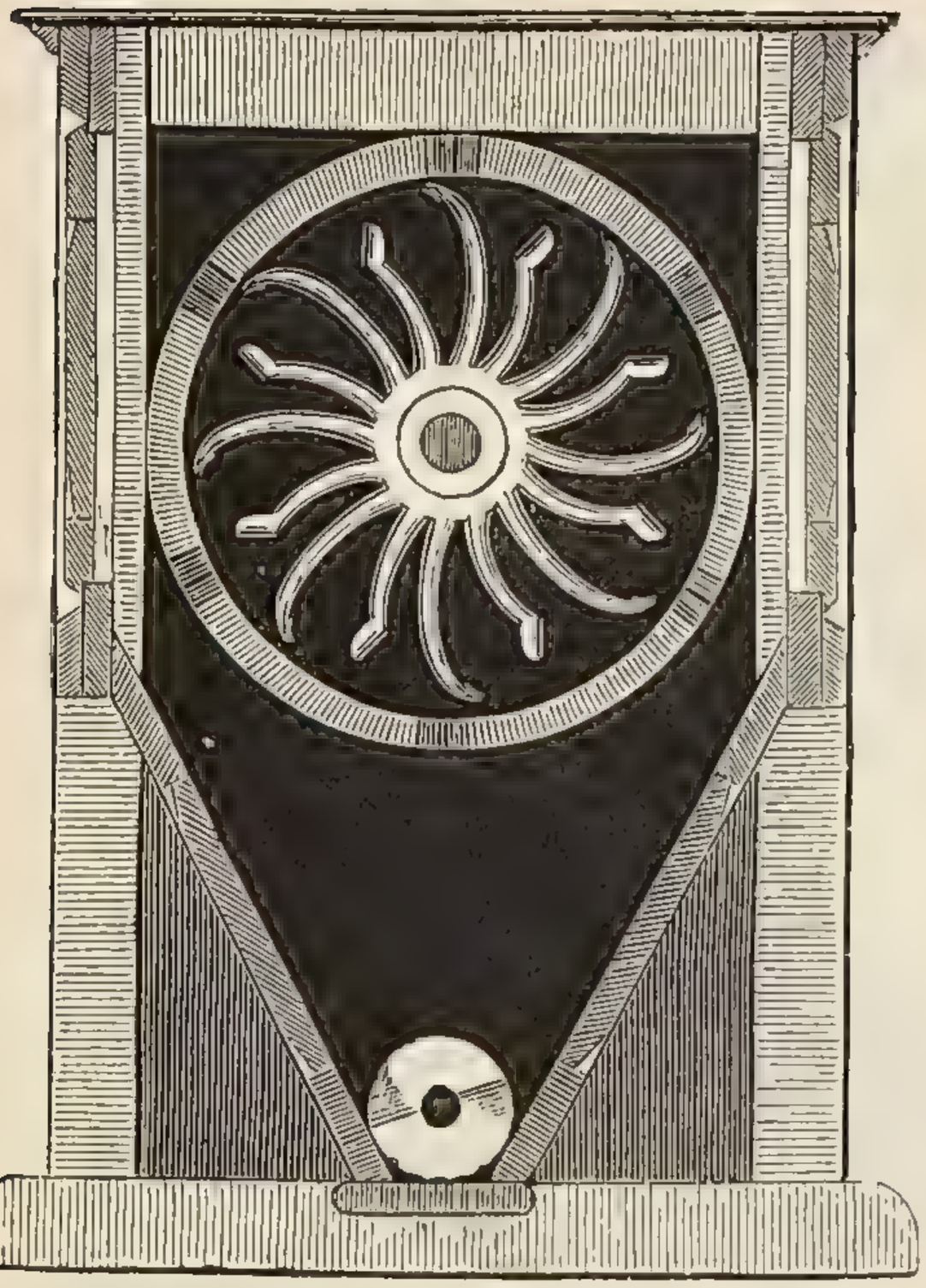
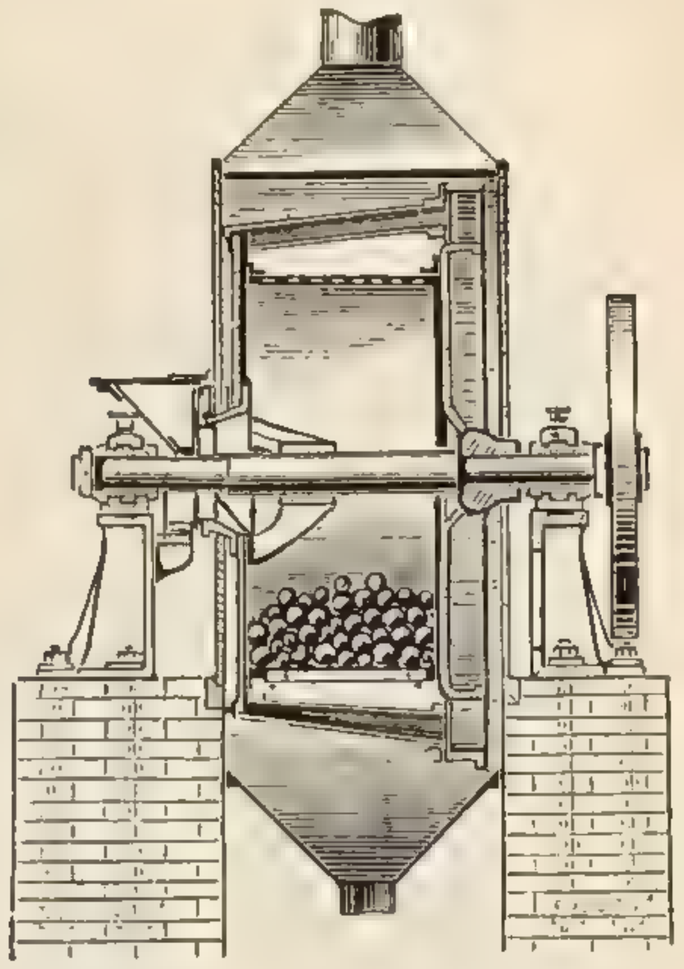


Fig. 18.



wird, nach einmaligem Durchlaufen der Siebfläche in der Pfeilrichtung auszutreten.

Alles die Siebe passirende Material fällt auf die unter jedem Siebe befindlichen Sammelteller $c\,c_1\ldots$, welche je eine Durchlassöffnung $i\,i_1\ldots$ nach dem darunter liegenden Siebe besitzen. Diese Durchlassöffnung ist so angelegt, dass das Siebgut direct hinter dem Auslaufstutzen und der Scheidewand auf das Sieb auffällt und so gezwungen ist, wiederum den ganzen Weg zurückzulegen.

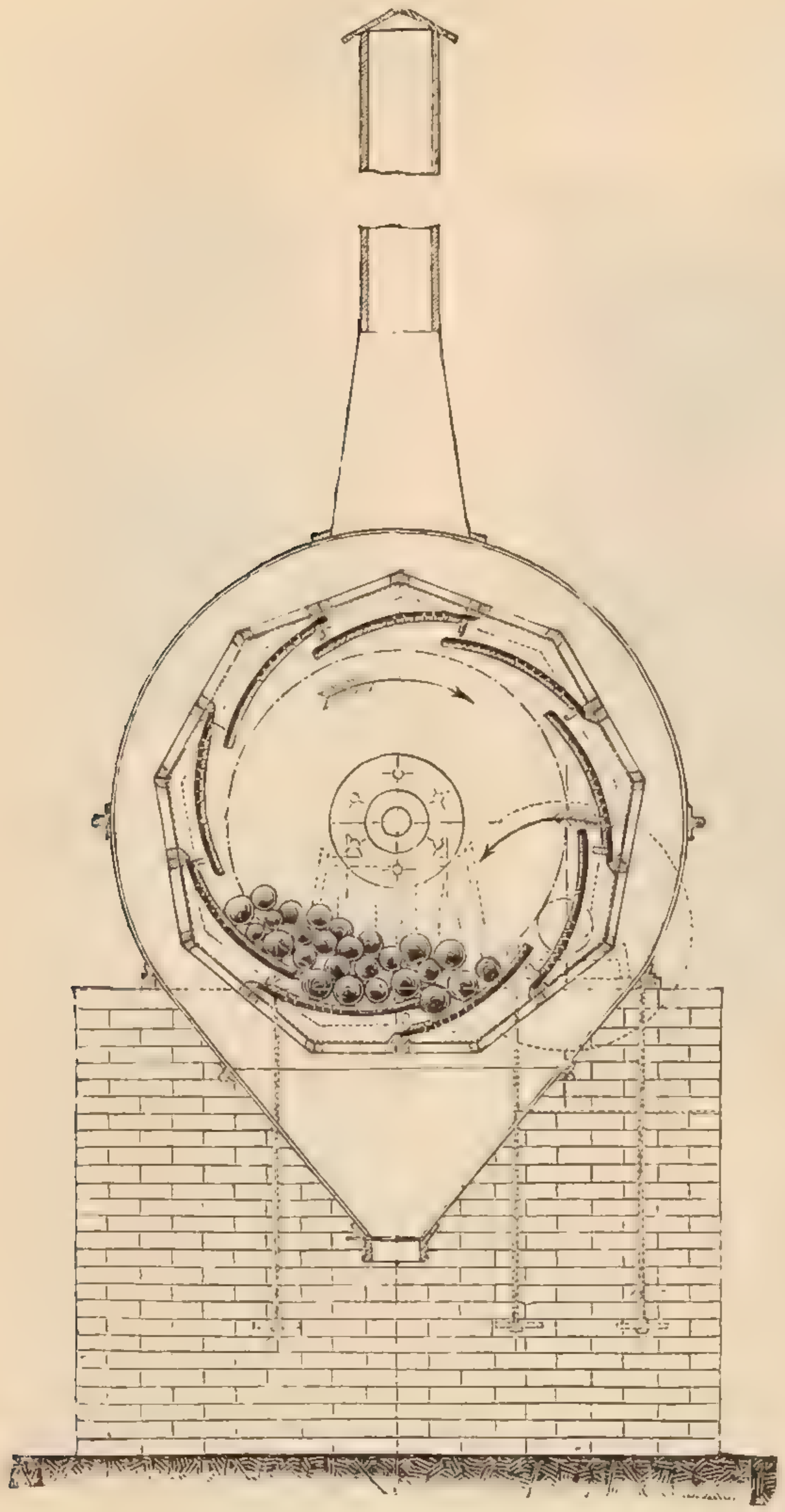
Durch diese Anordnung ist es erreicht, dass das gröbste Siebgut nur mit dem gröbsten Siebe in Berührung kommt und fremde Bestandtheile gleich durch das erste Sieb ausgeschieden werden, während dem letzten und feinsten Siebe nur das feine Siebgut zur Sichtung zukommt.

v. Gruber*) empfiehlt die Bauermeister'sche Centrifugal-Sichtmaschine von A. Kahl, Hamburg (siehe Fig. 16 und 17). Die eigenthümlich gestellten und schaufelartig geformten, schnell rotirenden Arme werfen das Mahlgut sanft gegen die langsam rotirende Siebfläche. Diese Maschine arbeitet rentabler als der alte bekannte sogenannten Knochen-

*) Chem.-Zeit. 1893, S. 1103.

mehl-Siebcylinder. Bei einer Maschenweite von 60 bis 70 Löchern auf einem englischen Zoll ist das Mehl aus Mineralphosphaten meistens zum Aufschluss brauchbar; es bleiben nur 5 bis 10 Proc. auf dem Kahl'schen Controlsiebe Nr. 100 zurück. Das geköperte Messingsieb enthält im hinteren Theile 70 bis 80 Löcher. Weiche, poröse Phosphate, wie die Knochenphosphate, auch noch das Lütticher Phosphat, das Carolinaphosphat können gröber gemahlen werden, denn bei ihnen kann die Schwefelsäure durch Haarröhrchenanziehungskraft in das Innere eindringen. Die richtige Feinmahlung spielt beim Aufschluss der Phosphate eine grosse Rolle, es findet mit der durch die feine Mahlung stattgefundenen Oberflächenvermehrung, welche nöthig ist, weil die meisten Phosphate die Säure nicht aufsaugen können, ein stärkerer und vollständigerer Angriff durch die Säure statt. Jedes nicht zerkleinerte Körnchen überzieht sich mit einer dichten Gypsschicht und der Kern desselben bleibt unangegriffen. Unaufgeschlossenes Phosphat sollte man nicht im Superphosphat finden.

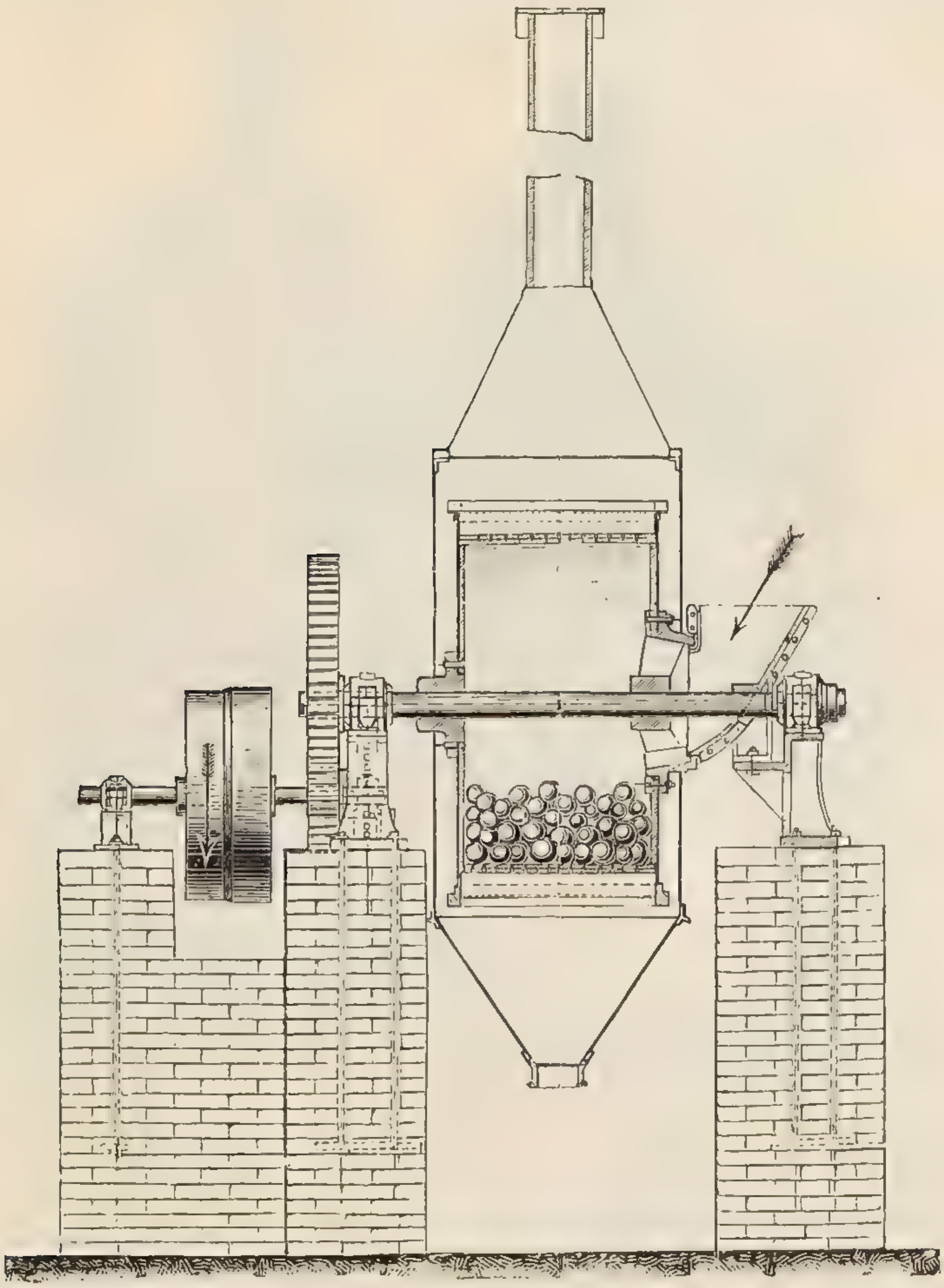
Fig. 19.



In neuerer Zeit kommt die Kugelmühle, eine rotirende, mit Kugeln gefüllte und von einem Blechmantel umgebene Trommel aus cylindrisch gebogenen, mit Löchern oder Schlitzen versehenen Hartguss- oder Stahl-

platten mit stetiger Eintragung des Rohmaterials und Austragung des Mehls sehr in Aufnahme. Sie bildet ein abgeschlossenes Mahlsystem. Die leicht verständliche Construction der verschiedenen Kugelmühlen ersieht man aus den beigegebenen Skizzen, so dass eine ausführliche

Fig. 20.



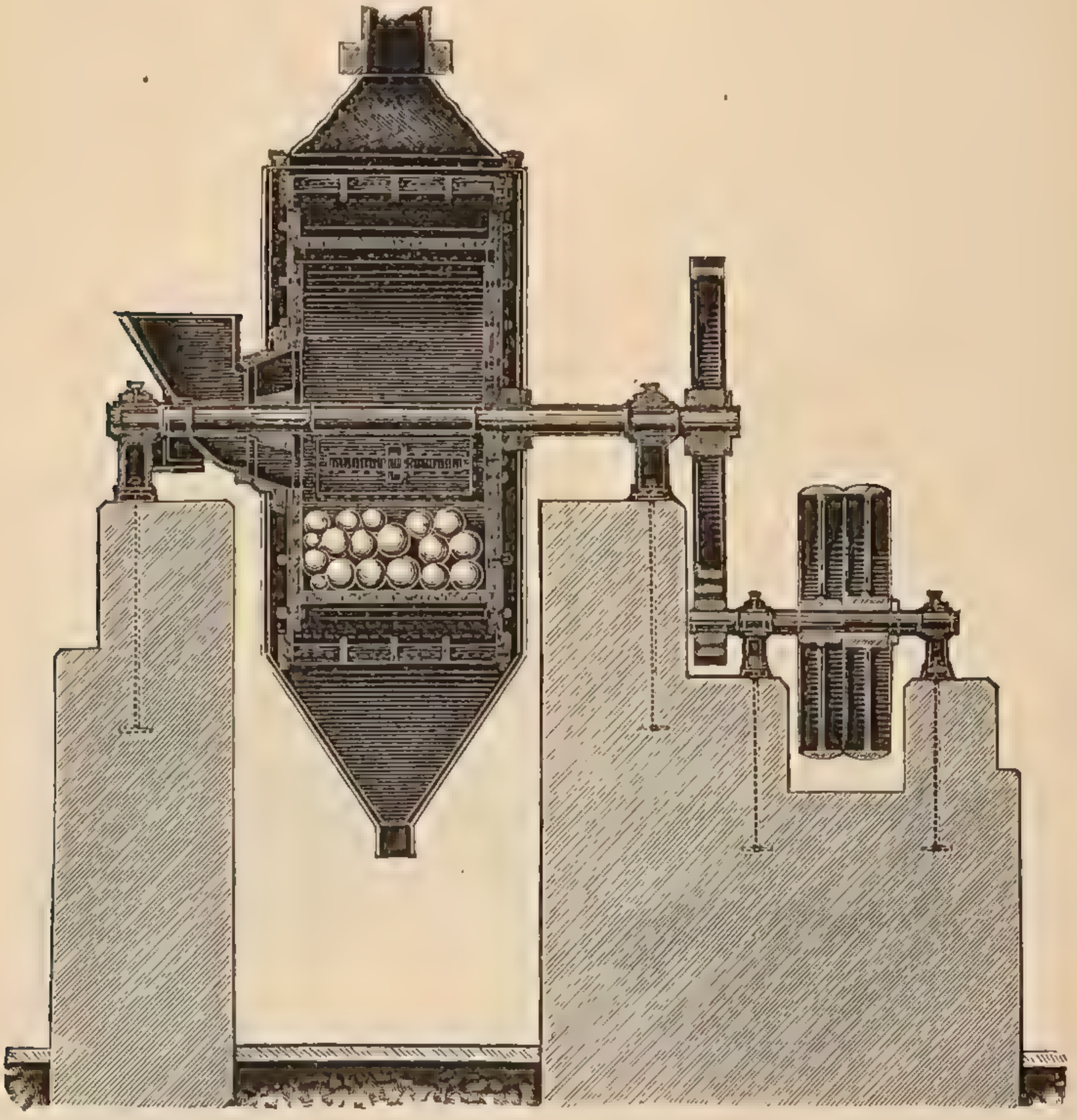
Beschreibung derselben überflüssig ist; es werden nur die Eigenthümlichkeiten jeder einzelnen Mühle aufgeführt.

Die bekanntesten Mühlen sind folgende:

1. Die Kugelmühle von Gebr. Sachsenberg, Rosslau (Fig. 18, a. S. 41). Sie verdankt als die erste ihre Entstehung einer von der Ober-Berg- und Hüttendirection der Mansfelder Gewerkschaft in Eis-

leben 1875 ausgegangenen Aufforderung. Die Zuführung des Materials erfolgt wie bei allen Kugelmühlen durch die Nabe, welche die Verbindung der Seitenwand der Trommel mit der Stahlwelle bildet. Das von Hartguss- oder Stahlkugeln zermahlene Material fällt durch die Löcher des Trommelmantels auf die die Trommel umgebenden Siebe. Die nicht durch das Sieb gegangenen gröberen Theile werden durch ge-

Fig. 21.



krümmte Canäle wieder in den Kugelraum zurückgeführt, während das durch die Siebe passirte Mehl unten in einen Trichter fällt.

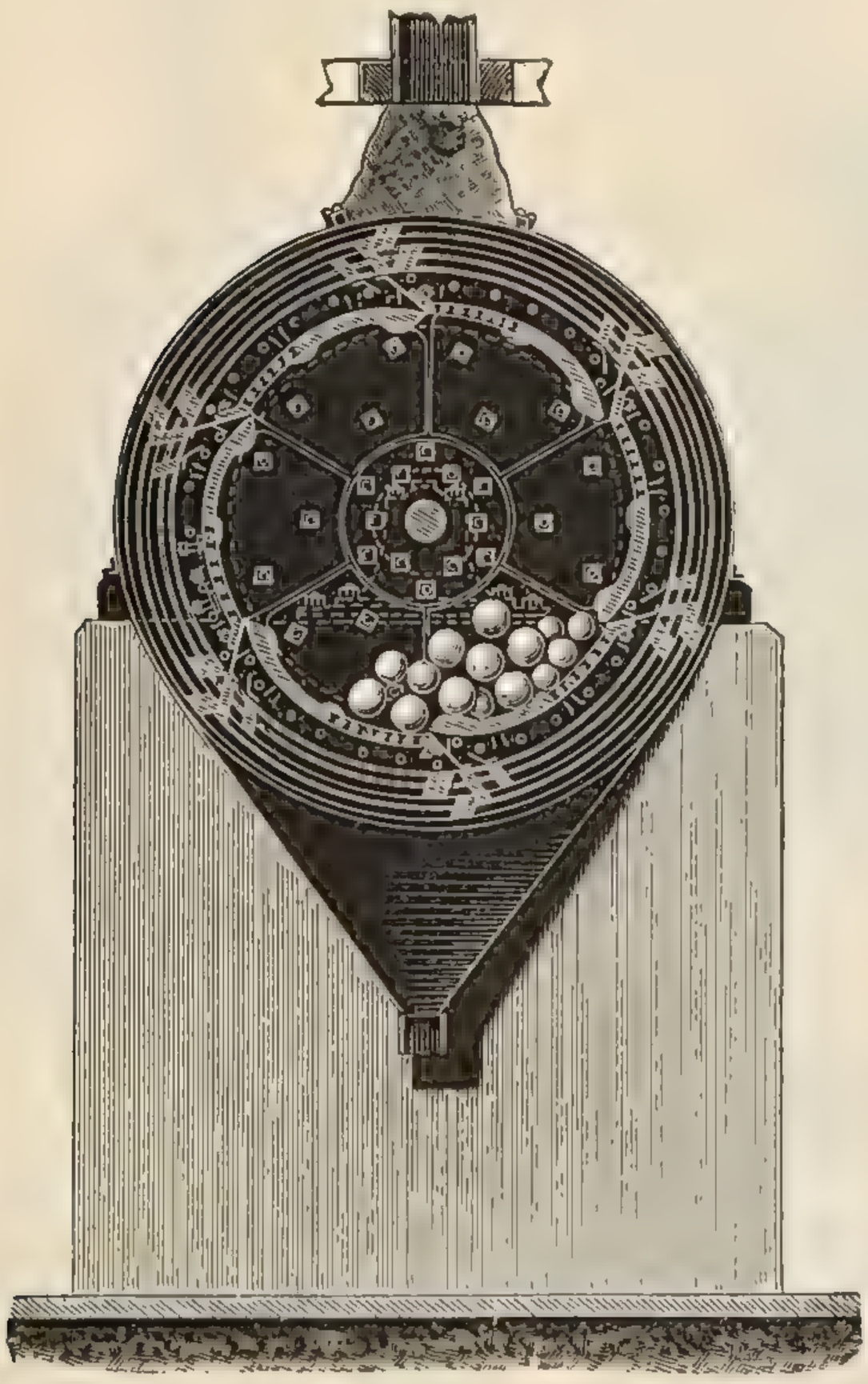
2. Die Jenisch'sche Kugelfallmühle

a) von Herm. Löhnert, Bromberg (Fig. 19 u. 20, a. S. 42 u. 43).

Durch die Erhebung der Auflaufplatten gegen die anderen wird bezweckt, die Kugeln vom Kreislauf abzulenken und eine Stufe hinabfallen zu lassen, wodurch die mahlende Wirkung erhöht wird. Das Mahlgut gelangt zuerst durch ein Vorsieb mit $7 \times 7 = 49$ Maschen auf $^1/_2$ qcm nach dem Maschenzähler, welches das Grobe zurückhält, während das Hindurchgegangene auf das aus glattem Messinggewebe bestehende Feinsieb gelangt. Die Maschenweite dieses Siebes richtet sich nach der zu erzielenden Mehlfeinheit (siehe S. 42).

b) Von C. F. Speyerer & Cie., Berlin (Fig. 21 und 22). Das Vorsieb besteht aus gelochtem Stahlblech, welches die groben Griese zurückhält, während das Siebgut durch das Mehlsieb gelangt, und hiernach durch das eigentliche Feinsieb in den Trichter fällt. Alle Feinsiebe sind regulirbare Rüttelsiebe, die schnell und vollkommen absieben. Durch die Anbringung von drei Sieblagen anstatt der üblichen zwei wird die Leistungsfähigkeit der Kugelmühle gesteigert, es muss alles Mehl durch die Siebe gehen und nicht theilweise wieder mit dem Gries in die Mühle zurück.

Fig. 22.



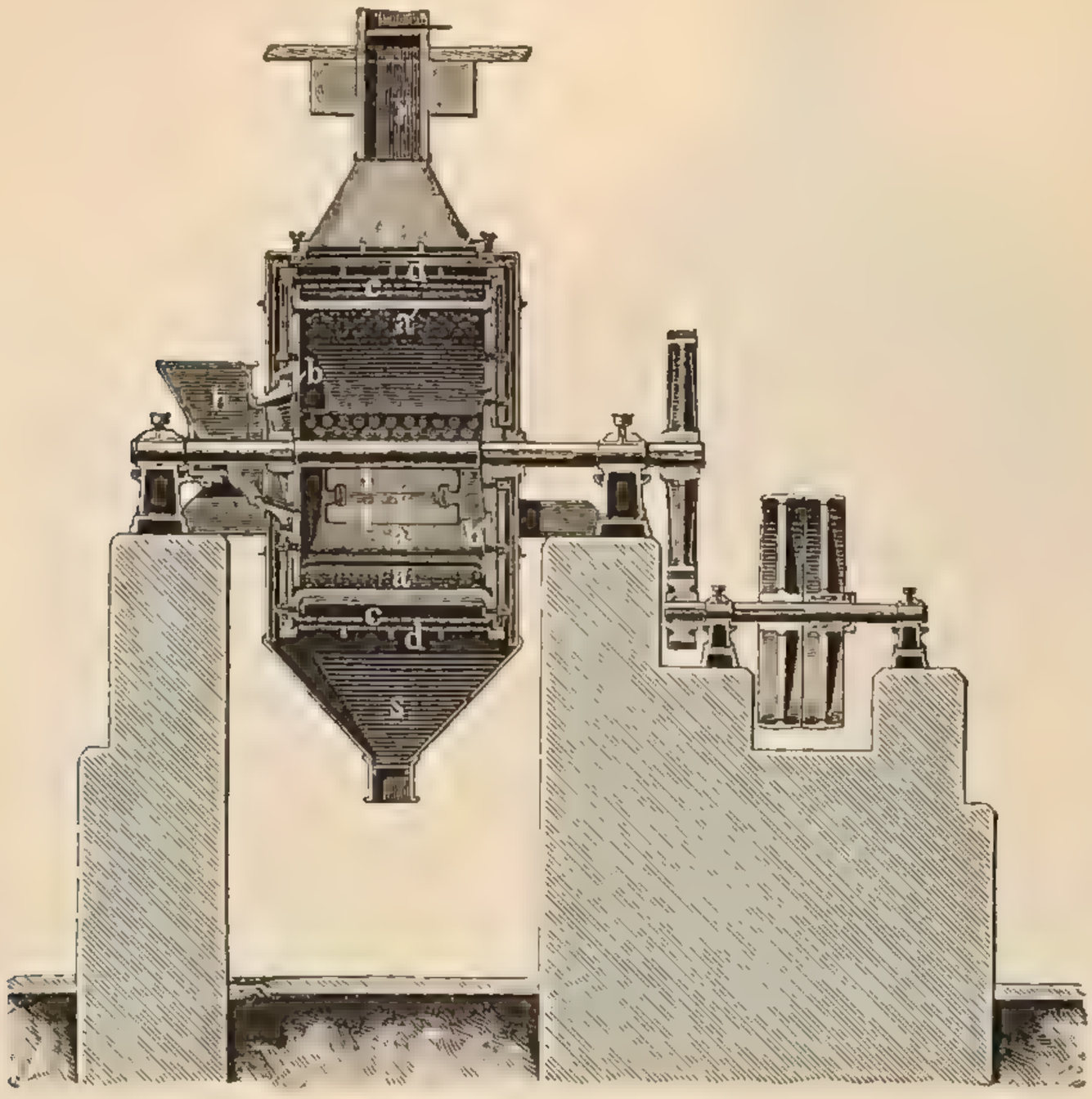
3. Die Kugelfallmühle von Fr. Krupp, Grusonwerk, Magdeburg-Buckau (Fig. 23 und 24, a. S. 46 und 47). *a* sind die gelochten Laufplatten, *b* zeigen Hartgussplatten an, mit denen die schmiedeeisernen Seitenplatten ausgepanzert sind; *c* ist das Vorsieb und *d* das Feinsieb, durch welches das Siebgut in den Trichter *S* fällt. Die abgesiebten, zwischen Vorsieb und Feinsieb und dem Trommelmantel befindlichen groben Theile werden mittelst der über die ganze Breitereichenden und durch entsprechende Schlitze im Siebmantel *c* hindurchgehenden Blechschaufeln *f* den Canälen *g* und somit dem Inneren der Trommel zugeführt. Die Mühle ist durch ein im Trommelmantel angebrachtes Mannloch, welches durch die Stäbe *ll* und *i* geschlossen ist, zu öffnen und wird beim Abfahren des Materials nur der Stab *i* herausgenommen. *x* ist ein Holzrahmen und *y* das Abzugsrohr für heisse Luft und Staub.

4. Die Kugelkippmühle von Max Friedrich & Cie., Leipzig (Fig. 25, a. S. 47). Sie unterscheidet sich von den obigen Mühlen dadurch, dass die Zerkleinerung des Materials nicht auf festliegenden Platten, sondern auf verstellbaren, in Charnieren beweglichen Kipprosten mit periodischem Werfen der Kugeln erfolgt. Diese Mühle eignet sich hauptsächlich zum Vermahlen von weichem Material, da bei jedem Kippen

der Roste ein Aufschütteln und Auflockern des Mahlgutes in der Mühle und auf den Sieben stattfindet.

5. Die Kugelmühle von A. Kahl, Hamburg (Fig. 26 u. 27, a. S. 47 und 48), hat die Form der Sachsenberg'schen Mühle, besitzt aber verstellbare Auslassöffnungen in der Mahltrommel. Die Absiebfläche ist eine verhältnissmässig grosse und wird die Leistung durch Anbringung eines Klopfmechanismus, der für Reinigung der Siebe sorgt, gefördert.

Fig. 23.



Anfangs wurden die Kugelmühlen mit 1600 mm Durchmesser und 900 mm Breite gebaut, die bei einer Füllung mit 500 kg Kugeln etwa 400 kg Material fassen; jetzt zieht man diesen die grösseren mit 2000 mm Durchmesser und 1000 mm Breite mit 800 kg Kugelfüllung vor. Die Kugeln haben einen Durchmesser von 100 bis 130 mm. Alle Siebe bezw. deren Eichenholzrahmen sind mit Zeichen versehen und dürfen, da jedes besonders eingepasst ist, keinenfalls verwechselt werden.

Kommen an den Geweben undichte Stellen vor, so hebt man den Deckel der Mühle hoch, lässt die Trommel rotiren, bis die defecten Stellen gefunden sind und beklebt dieselben mit Fischleim und Baumwollstoff, was in kurzer Zeit geschehen ist; früher löthete man die entstandenen Risse mit Zinn. Die Schrauben der Siebrahmen wie auch die des Mannlochdeckels sind bei jedem Oeffnen der Mühle nachzusehen und anzuziehen, weil sie sich trotz der Anbringung von Doppelmuttern durch das fortwährende Rütteln lösen können.

Bei Inbetriebsetzung der Mühle lässt man dieselbe etwa 20 bis 30 Minuten lang im leeren Zustande laufen und achtet darauf, ob die

Lager nicht warm werden und die Tourenzahl 25, bei der kleinen Mühle 28 bis 30 in der Minute beträgt. Dann erst wird die Mühle mit Material und Kugeln gefüllt und während des Betriebes mit Material stets gleichmässig voll gehalten; der Arbeiter erkennt schon nach kurzer Zeit an dem

Fig. 24.

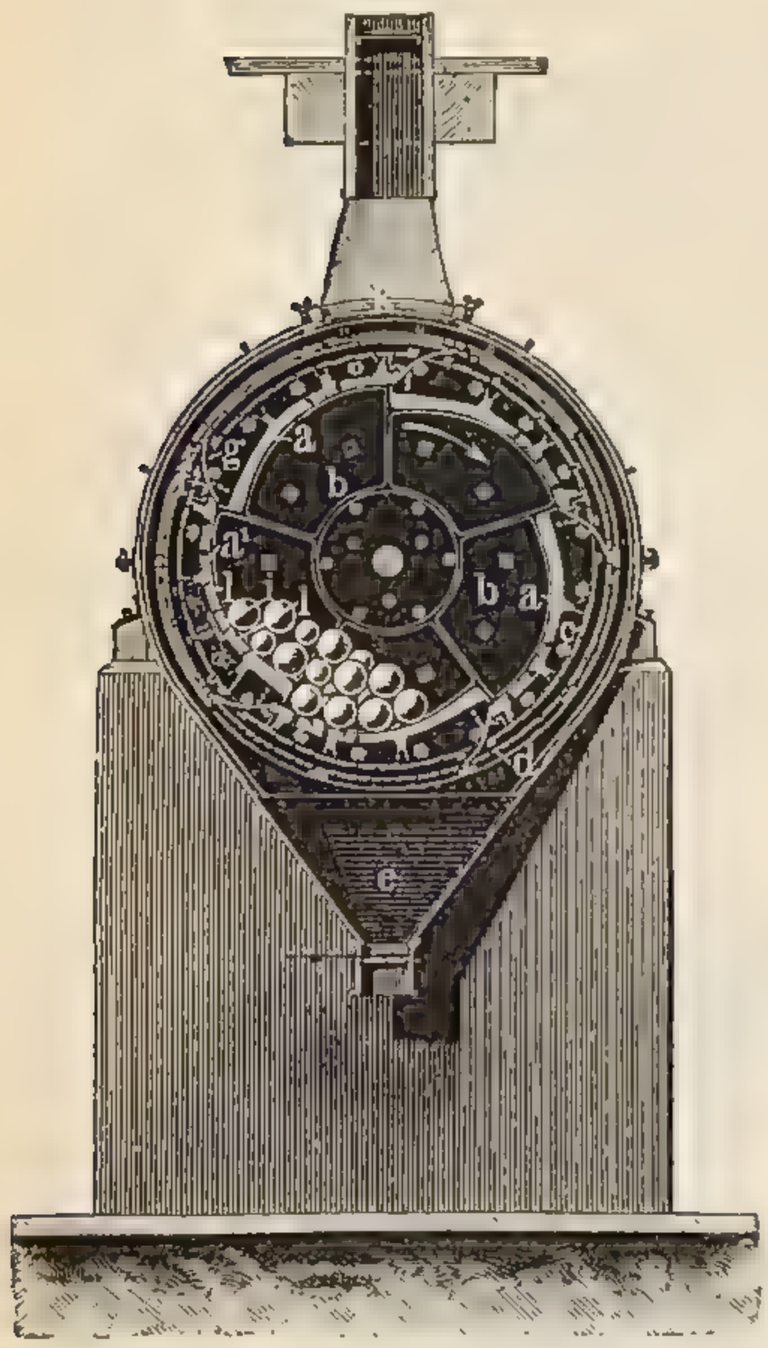


Fig. 25.

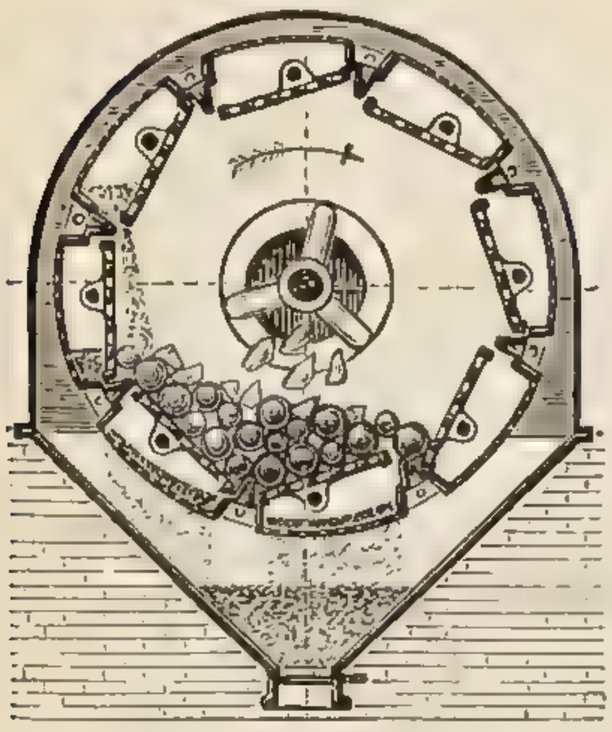
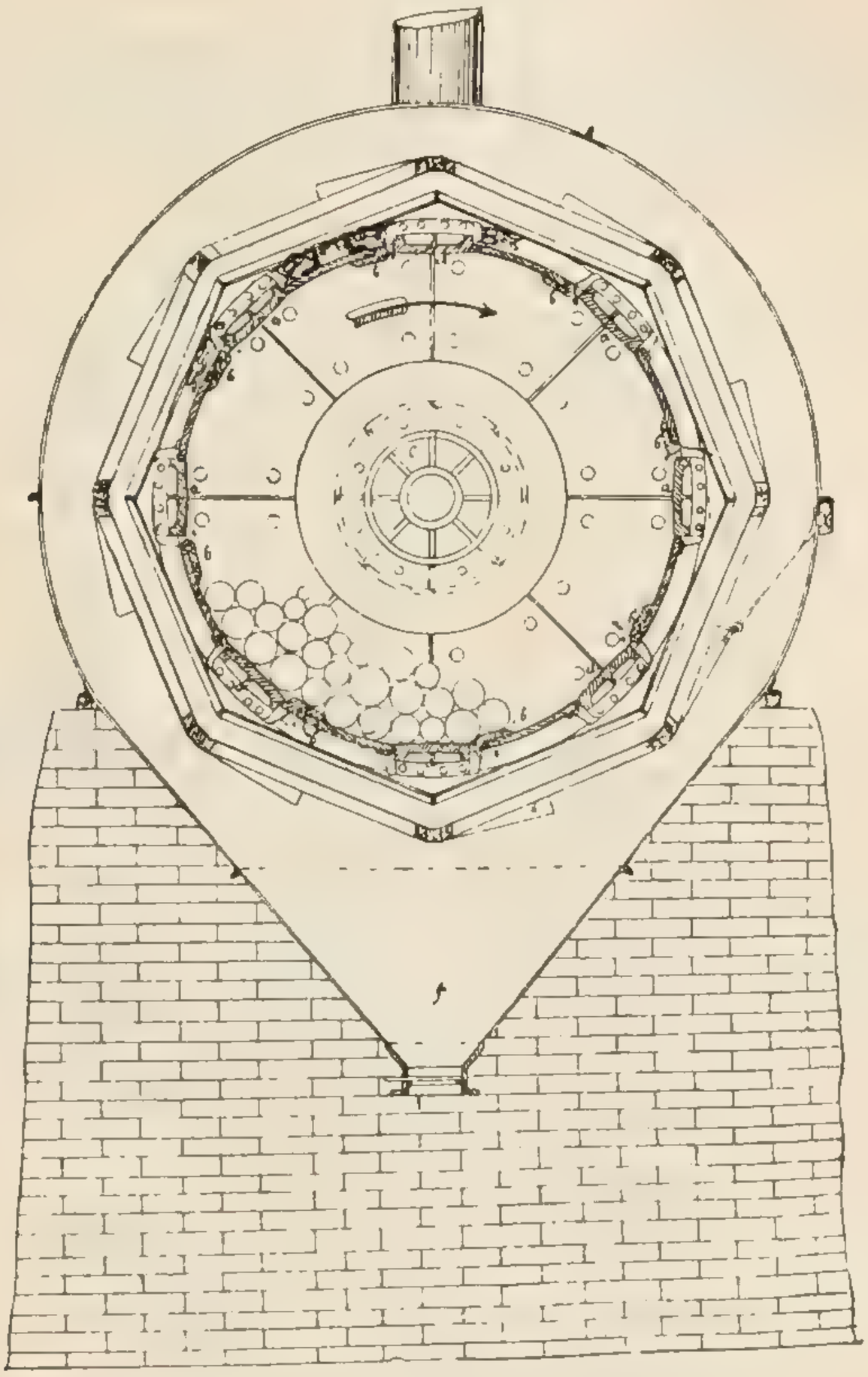


Fig. 26.

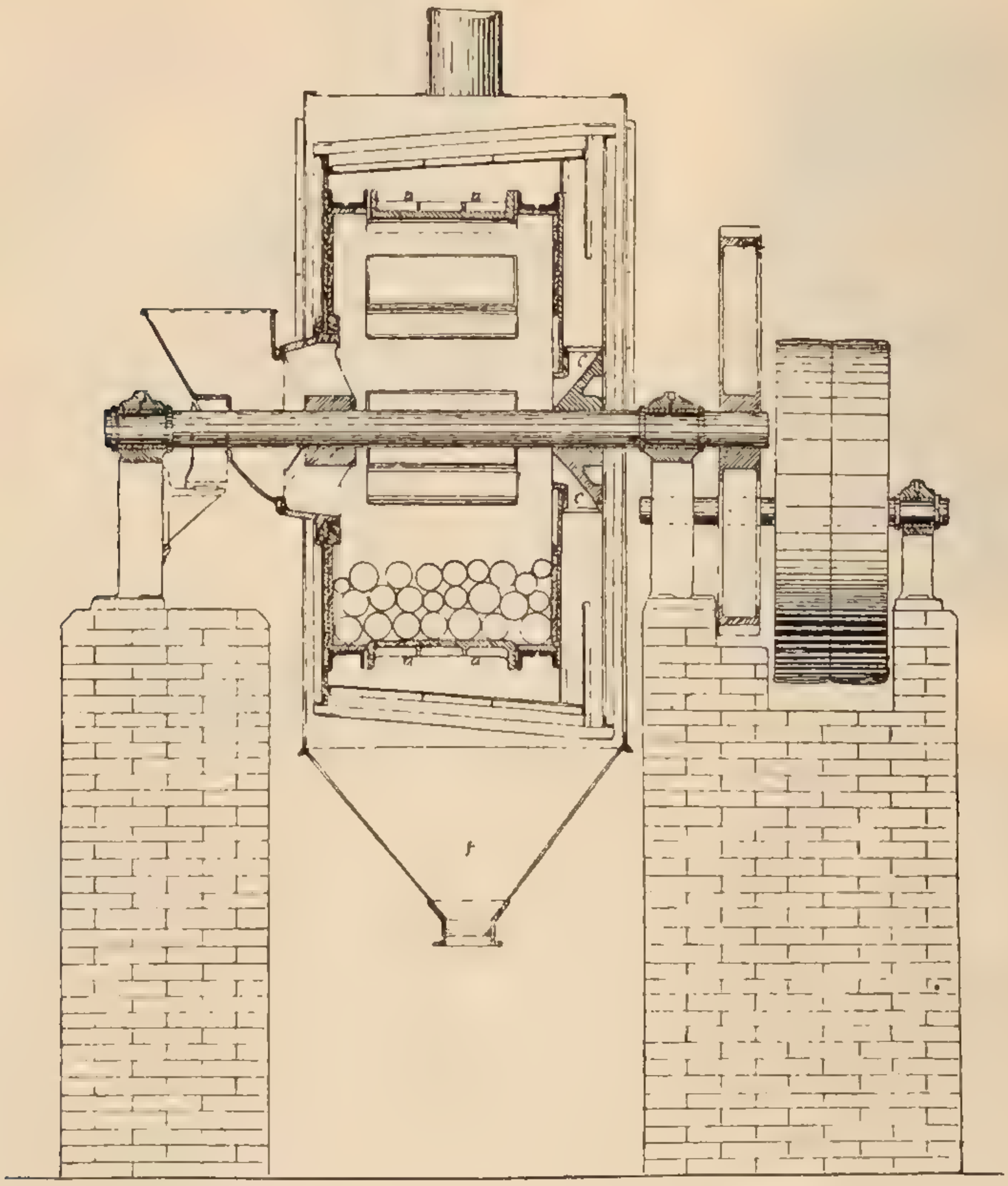


Geräusch in der Mühle, wie es in ihr aussieht: ein dumpfer Ton lässt auf volle, ein heller auf leere Mühle schliessen. Sobald ein Sack Mehl vom Trichter abgehängt ist, muss sofort das entsprechende Quantum Material eingeworfen werden; der Arbeiter findet es bald heraus, wie viel er aufzugeben hat. Ist die Kugelmühle von etwaigen Rückständen zu reinigen, so nimmt man bei abgehobenem Manteldeckel nach erfolgter Einstellung der Trommel den Mannlochdeckel ab und setzt einen Rost ein, bezw. nimmt bei der Gruson'schen Mühle den eingelegten Stab heraus; es wird hierdurch verhindert, dass bei eingerückter Mühle die Kugeln herausfallen. Der Ausrücker muss fest und sicher verstellbar sein.

Das Abzugsrohr, mit nicht unter 400 mm Weite, mündet am zweckmässigsten in eine oberhalb der Mühle angebrachte Staubkammer, in welcher der Staub niederfällt und gesammelt wird; von dieser Kammer aus lässt man ein enges Rohr zur Abführung der heissen Luft ins Freie gehen.

Von Zeit zu Zeit muss bei Verwendung von Hartgusskugeln das Gewicht derselben durch Abfahren und Wiegen controlirt werden, dagegen sind Stahlkugeln fast unverwüstlich; ihr höherer Preis macht sich schnell bezahlt.

Fig. 27.



Wie bei den Mahlgängen stellt man auch hier zwei Mühlen neben einander auf und bedient sie zusammen; ein Becherwerk hebt das Material auf die Bühne. Ein Arbeiter bedient die Mühlen und hängt das fertige Mehl ab, während der andere das Material herbeischafft. Die Bühne zwischen den beiden Mühlen wird so hoch gelegt, dass sie mit dem oberen Rande der Einwurftrichter abschneidet; man braucht bei dieser Einrichtung das Material nicht mit der Schaufel zu heben, sondern schiebt dasselbe schaufelweise leicht hinein.

Es ist auch eine zur Bewegung von Phosphaten sehr praktische Aufgabevorrichtung von Fr. Krupp, Grusonwerk, Magdeburg-Buckau, construirt, die dazu dient, das Material dem Trichter vermittelst eines rotirenden Schneckenrades aus einem Sammelbehälter selbstthätig zuzuführen, und zwar in dem Maasse, in welchem die Mühle das Material verarbeitet.

Der Kraftverbrauch der grossen Kugelmühle beträgt 25 Pferde — die Mühle allein wiegt rund 5000 kg — und die Mehlproduction durch Sieb 70 bei sehr hartem Phosphat mindestens 10 000 kg, bei weicherem bis 12 000 kg in 10 Stunden.

Ist bei den anderen oben erwähnten Mahlvorrichtungen zwecks rentabler und richtiger Mahlung eine Vorzerkleinerung des groben Materials und eine besondere Siebung des Mahlgutes unbedingt nöthig, so kommen diese Arbeiten beim Kugelmühlenbetrieb in Wegfall, höchstens sind hier allzu grosse Brocken durch Zerschlagen mit einem Hammer passend zu zerkleinern.

Das Vermischen des gemahlenen Phosphats mit Schwefelsäure,

das technische „Aufschliessen“, erfolgt nach alter Arbeitsweise in der Grube und seit Anfang der achtziger Jahre in der Aufschliessmaschine. Letztere ist jetzt fast allgemein im Gebrauch, weil diese Arbeitsweise gegen den Grubenaufschluss eine billigere und zuverlässigere ist und man in der Zeiteinheit grössere Mengen bestgemischtes Superphosphat als in der Grube herstellen kann.

Die Aufschliess- oder Mischgrube,

deren man sich nur noch in kleinen Betrieben bedient, baut man zweckmässig 2100 mm breit, 3500 mm lang und 500 mm tief. Es werden zuerst zwei Flachschichten gelegt, und zwar die erste aus gewöhnlichen Backsteinen in Sand und die andere aus demselben Material in Kalkmörtel; auf diese wird eine Rollschicht von hartgebrannten Steinen, sog. Klinkern, gesetzt, die bei Vermeidung grosser Fugen mit Cement verbunden werden. Anstatt der Klinker werden auch feste Steinplatten benutzt, während Schieferplatten zu verwerfen sind, da sie nach und nach abblättern. Die Seitenwände macht man einen halben Stein stark, verfugt mit Cement und schliesst oben mit einer Rollschicht ab, an die sich dann eine etwa 1000 mm breite Pflasterschicht reiht. Für eine solche Grube sind an Backsteinen und Klinkern 1000 Stück erforderlich. In einigen Fabriken findet man kreisrunde Gruben von 3000 mm Durchmesser.

Man baut mindestens zwei Gruben, besser legt man mehrere an, bis zu zehn neben einander, die am passendsten in einem luftigen Raume, nur

unter Dachschutz, angebracht werden, weil man nicht für jede einzelne Grube einen Auffangtrichter für die Gase aufstellen kann (s. S. 53).

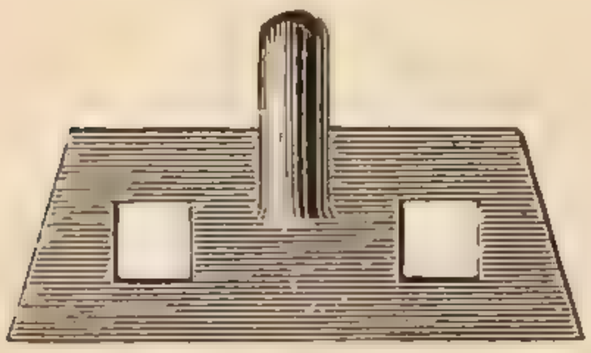
Die Arbeiter schliessen von Grube zu Grube auf und nach der letzten Mischung findet in derselben Reihenfolge das Entleeren statt. Dieses Arrangement bezweckt, die frische Mischung möglichst lange unberührt lagern zu lassen.

Das in Säcken, Tragkasten oder Wagen abgewogene und am Grubenrande aufgeschüttete gemahlene Phosphat, 750 kg, wird von zwei Arbeitern mittelst Schaufeln schnell und gleichmässig in die in der Grube befindliche Säure eingeworfen und der Rest mit Besen eingefegt. Man darf obige Phosphatmenge nicht überschreiten, da sonst die Grube bis über dreiviertel Höhe angefüllt wird und bei starkem Schäumen der Mischung diese leicht zum Ueberfliessen kommen kann.

Die Verdünnung der 142 gräd. Säure wird oft in der Grube selbst vorgenommen, um zum Aufschluss heisse Säure zu erhalten (s. S. 9).

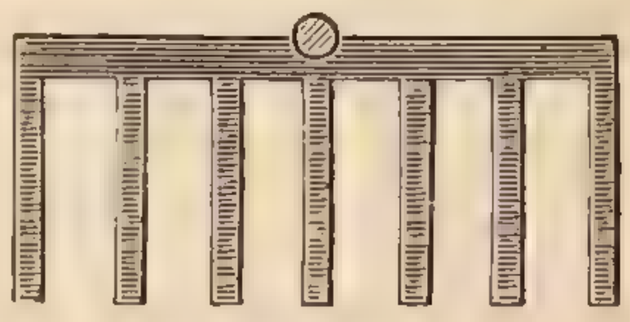
Während des Einwerfens des Phosphats rühren zwei Arbeiter mit eisernen Rührhaken (Fig. 28 a und Fig. 28 b) kräftig durch und helfen,

Fig. 28 a.



250 m

Fig. 28 b.



250 m

wenn alles Phosphat in der Grube ist, die beiden Einwerfer im Rühren mit, so dass zwei und zwei an den schmalen Seiten der Grube bezw. bei einer Grube von runder Form sich gegenüber stehen, bis sich die Masse verdickt und ein Weiterrühren unmöglich wird. Man setzt nun mit Schaufeln um, und zwar so lange, bis rohes Phosphat nicht mehr zu erkennen ist; ein zweimaliges Umsetzen genügt meistens. Arbeitet man mit zwei Gruben, so überlässt man die erste Mischung so lange der Ruhe, bis die zweite in der anderen Grube beendet ist, sticht dann ab, wirft aus und bringt sie auf den Haufen, wo nach und nach Erkaltung eintritt. Ist das Superphosphat gutartig, so zerfällt es bald, bröckelt ab; ist es dagegen feucht oder bleibt die Masse fest, so muss sie besonders verarbeitet werden (siehe S. 66).

Vier Arbeiter stellen in zehn Arbeitsstunden bei zwei Gruben durchschnittlich im Ganzen 20 Mischungen zu je etwa 1500 kg fertig; der Lohn darauf beträgt für 100 kg Mischung 4 Pf. und ist für das Abfahren der Waare 1 Pf. zu rechnen. Von Woche zu Woche ist durch Messung zu controliren, ob die Gruben dicht sind, um keinen Verlust an Schwefelsäure eintreten zu lassen.

Früher wog man die Säure in ausgebleiten Kasten ab, jetzt misst man sie fast überall, und es hat Dr. F. Lorenz, Hannover, einen prak-

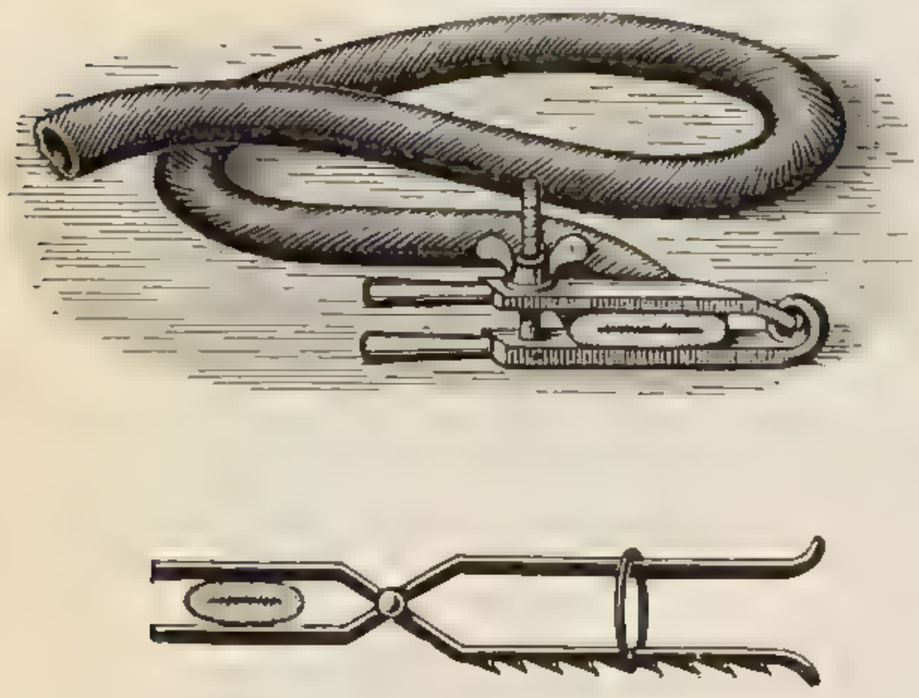
tischen Doppelmesskasten, der besonders empfohlen zu werden verdient, construirt, und zwar zu seiner Aufschliessmaschine passend. Fasst z. B. eine Abtheilung 0,1665 cbm, so enthält bei einer Grädigkeit von

106° ein Kasten 0,1665 . 1,530 = 255 kg
110° „ „ 0,1665 . 1,550 = 258 „
113° „ „ 0,1665 . 1,565 = 260½ „ Säure.

Eine solche vervollständigte Tabelle hängt man in der Nähe des Messkastens auf. Die Scheidewand der beiden Abtheilungen ist derart eingerichtet, dass man die Säuremenge erhöhen kann. Das Abflussventil des Kastens ist recht dauerhaft und leicht zu handhaben. Als Ablauf der Säure benutzt man ein 40 mm weites Bleirohr, welches man — beim Grubenaufschluss — an dem einen Ende mit einem starken Gummischlauche, der mit einer Zange geöffnet und geschlossen wird, überzieht (siehe Fig. 29).

Zu erwähnen ist hier die Reisert'sche automatische Wage, D. R.-P. Nr. 8450*) (Fig. 30, a. f. S.). Sie besteht aus einem gleicharmigen Wagebalken, an welchem auf der einen Seite ein verbleites Gefäss zur Aufnahme der Säure und auf der anderen Seite das Gewicht hängt. Oben auf dem Ständer der Wage sitzt ein Bleitrichter als Einlauf der Säure; hieraus läuft dieselbe schnell in das an der Wage hängende Gefäss. Ist das bestimmte Gewicht erreicht, so sperrt im nächsten Augenblicke die Wage jeden weiteren Säurezulauf ab; das Gefäss entleert, indem es überkippt, seinen Inhalt in ein unterhalb desselben angebrachtes Reservoir, aus welchem die gewogene Säure durch einen Rohrstutzen abläuft. Ungefähr eine halbe Minute bleibt das Säuregefäss zum vollständigen Abtropfen der Säure in der umgekippten Stellung und richtet sich dann das Gefäss wieder auf, indem sich hierauf der Zulauf öffnet, füllt sich dasselbe von Neuem u. s. w. Ein Zählapparat nennt uns die Anzahl der Füllungen.

Fig. 29.



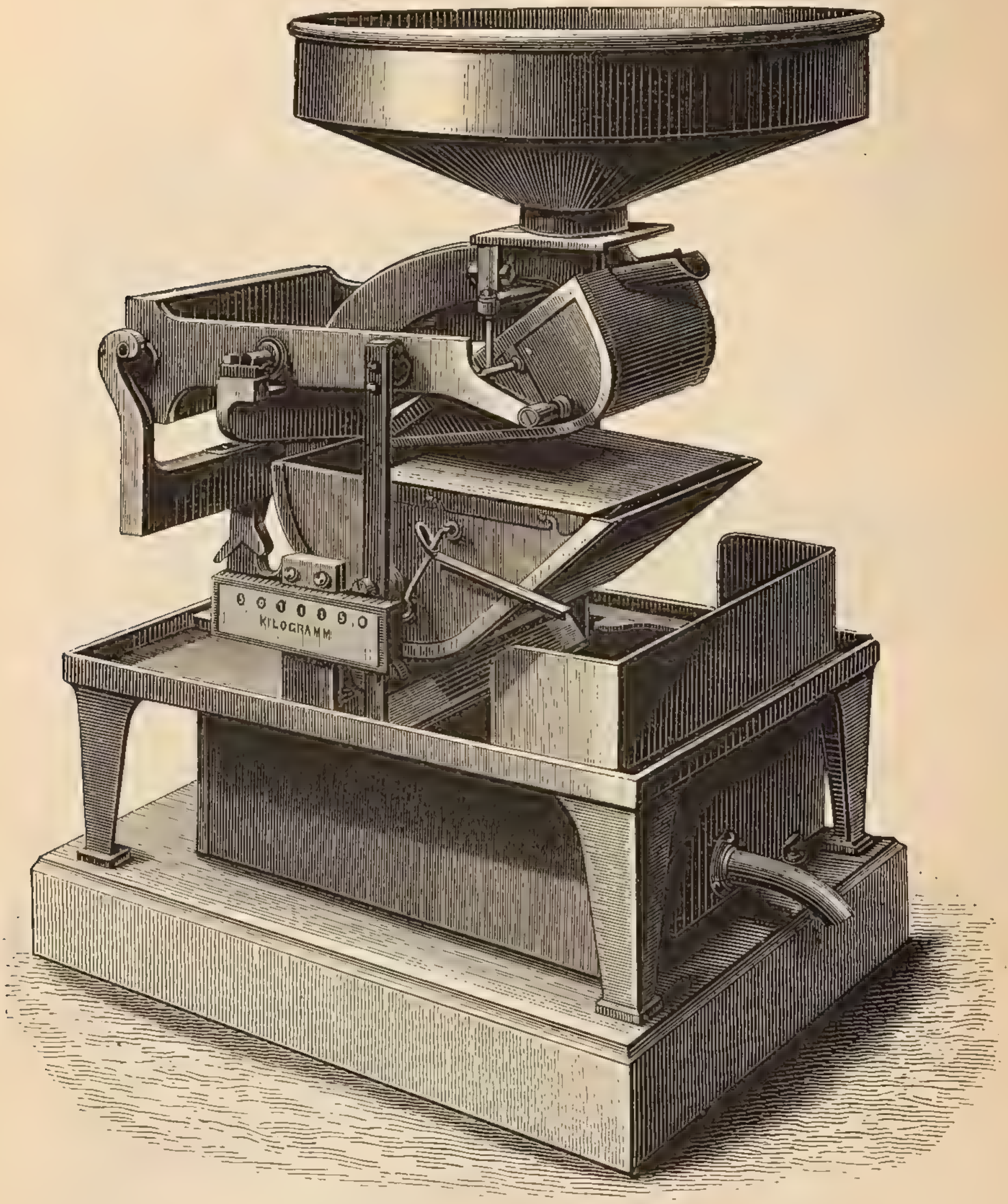
Wiegt man die Säure, so richtet man sich nach der Packung des Phosphats; misst man sie aber, so ist das Phosphat passend abzuwiegen.

Die an den Gruben und Säuregefässen beschäftigten Arbeiter tragen zweckmässig Holzschuhe und grosse säurefeste Schürzen. Während des Mischens und Fortfahrens des Superphosphats versieht sich, wenn nöthig, ein Jeder mit einem Respirator, dessen Schwamm mit Kalkmilch — Aetznatronlösung greift den Schwamm an — angefeuchtet ist. Zu empfehlen ist neben den Respiratoren von Goerg,

*) Zu beziehen von Reuther und Reisert, Hennef a. Sieg.

Modell III, und der sog. Wendschuch-Schutzmaske*) der Hurd'sche Lungenschützer**); letzterer Apparat muss aus steifem Gummi her-

Fig. 30.



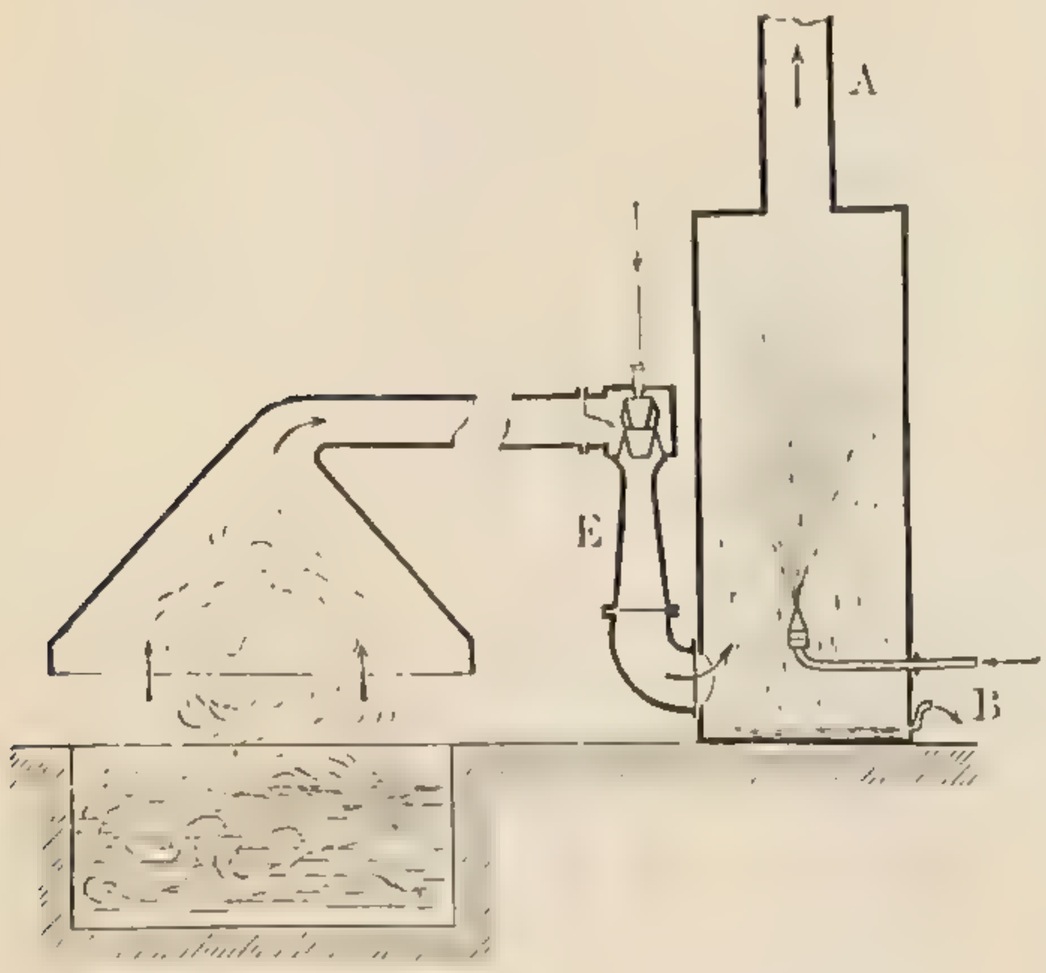
gestellt sein und gut schliessen; er ist von allen am bequemsten, wenn von Bequemlichkeit die Rede sein kann, zu tragen, zumal wenn für

*) Von P. Walb, Nürnberg.
**) Von E. F. Grell, Hamburg.

Aufnahme des condensirten Wassers durch ein eingelegtes Schwämmchen gesorgt wird. Das Einathmen geschieht durch den erwähnten, häufig auszuwaschenden und wieder zu präparirenden Schwamm, das Ausathmen vermittelst eines durch ein Plättchen Marienglas gebildeten Ventils, besser aber durch ein ebenfalls präparirtes Schwämmchen, denn das Glas wird schon nach kurzem Tragen des Apparates durch das condensirte Wasser leicht in der Blechhülse festgehalten. In neuerer Zeit wird der A. Reischel'sche Universal-Lungenschützer sehr empfohlen.

Oft findet man — beim Mischen an der Grube — statt der Respiratoren Mundtücher und grosse Schwämme im Gebrauch; sie werden von einem Jungen gewaschen, so dass zu jeder Zeit reine Tücher und Schwämme zur Verfügung stehen, und schützen diese verhältnissmässig energischer, als der kleine Schwamm es auf die Dauer kann.

Fig. 31.



Beim Ein- und Aushängen von Hebern, sowie bei Reparaturen der Säurepumpe, beim Einlassen und Verdünnen der Säure und beim Einwerfen des Phosphats in die Säure sind die Stroof'schen*) oder Scheidig'schen Schutzbrillen zu tragen: durch die Stellung der Gläser — Glimmerscheiben strengen die Augen an — vor dem Gehäuse und durch kleine zweckentsprechende Oeffnungen im letzteren findet freier Luftzutritt statt. Eine Schutzbrille, zugleich gegen Staub schützend, fertigt C. Wendschuch, Dresden, an.

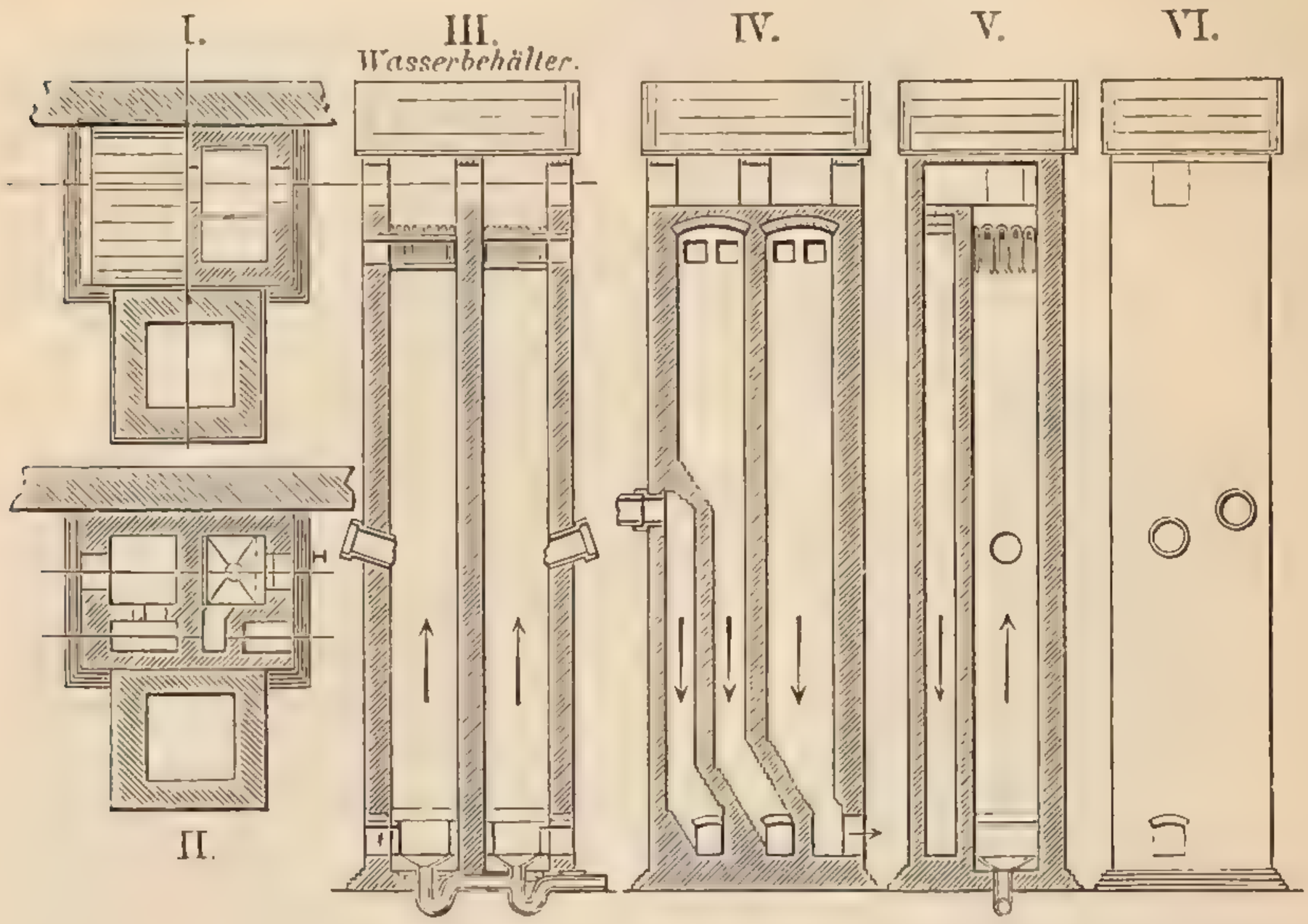
Die während des Aufschliessens auftretenden sauren Gase üben beim Einathmen heftige Reize auf Kehlkopf und Lunge aus und können zu gefährlichen Erkrankungen führen**); ein Gehalt der Luft von 0,03 pro Mille an Fluorwasserstoff bezw. Fluorsilicium ist ohne Störung der Gesundheit erträglich, grössere Mengen wirken jedoch auf die Schleimhäute ein. Man sorgt daher für möglichst schnellen und gründlichen Abzug dieser Gase, die man zuerst in einfacher Weise in einem grossen dachförmigen Fangtrichter auffing und durch einen Kamin ins Freie abführte (siehe S. 50). Durch geeignete Ventilation ist der Aufschliessraum leicht frei von Gasen zu halten. Das Ansaugen der Gase erfolgt durch ein Dampfstrahlgebläse, welches dieselben durch Rohr *E*

*) Von C. Merz, Frankfurt a. M.
**) Zeitschr. f. angew. Chem. 1888, S. 404.

— Fig. 31 (a. v. S.) stellt eine verbesserte Anlage vor — in den Absorptionsraum treibt; dieser Raum, der gross sein muss, ist vollständig mit fein zerstäubtem kalten Wasser aus der bekannten und bewährten Körting'schen Streudüse angefüllt*). In neuerer Zeit wird Soda- oder Kalkmilchlösung angewandt, D. R.-P. Nr. 70396. Rohrmann construirt einen Dampfdruck von vier Atmosphären vertragende Injectoren mit Verdrängungskegel aus Thon.

Das saure, ausgeschiedene Kieselsäure enthaltende Wasser fliesst bei *B* in ein Bassin und wird hier zum event. Weiterlauf mit Kalkmilch neutralisirt oder im geklärten Zustande zum Verdünnen der Säure

Fig. 32.



beim Aufschluss verwandt (s. S. 8), während die bis auf die Kohlensäure entsäuerten Gase durch *A* in die Luft entweichen. Selbstverständlich kann das Dampfstrahlgebläse, welches je nach der Gasentwickelung zu reguliren ist, auch in den Abzug *A* anstatt in *E* gesetzt werden.

P. Hasenbalg, Braunschweig, beschäftigt sich mit derartigen Anlagen; er stellt grosse, dicht schliessende Kammern aus Holz mit Reisigfüllung auf, wodurch der Effect der Absorption erhöht wird. v. Gruber empfiehlt Kammern von 100 cbm Inhalt, eine Grösse, die für eine Aufschlussmenge von etwa 5000 kg Superphosphat stündlich ausreichend ist, und schlägt ferner zur Condensation des Fluorsiciliums 100 m lange Canäle von 1 qm Querschnitt, und zwar aus Fensterglas mit stark getheerten Holzrahmen vor.

*) Zeitschr. f. angew. Chem. 1888, S. 404.

Man hat auch an Stelle der Kammern die Form eines Thurmes gewählt. Am Kopfe eines etwa 10 m hohen Holzthurmes — Pitchpine — mit einer Grundfläche von 2 m im Quadrat, in den die sauren Gase geführt werden, befindet sich eine Anzahl der Körting'schen Streudüsen, gewöhnlich drei aus Hartgummi von je 2 mm Durchmesser, welche von oben den Thurm berieseln. Der von diesen Düsen mit etwa 1 Atm. Druck hervorgebrachte Wasserstaub tritt den von unten eintretenden Gasen entgegen und schlägt alles Fluorwasserstoffgas bis auf unmerkliche Spuren nieder. Das Gaseintrittsrohr ist ebenfalls von Holz und 600 mm im Quadrat; durch eine ebenso weite Rohrleitung werden die gewaschenen Gase wieder abwärts und dann einem Kamine zugeführt. Wo ein Kamin nicht vorhanden, kann man mit Hülfe eines rotirenden oder Dampfstrahlventilators diese Gase absaugen.

Eine in England und Amerika gebräuchliche thurmartige Absorptionsanlage, aus Sandstein gebaut und vom englischen Chemiker Morrison construirt, ist von Wyatt (9, S. 135), siehe Fig. 32, beschrieben und ohne weitere Beschreibung leicht verständlich; die Einrichtung ist ähnlich wie oben, nur findet man öfter Schichten von haselnussgrossen Kieselsteinchen als Reisig vor, auf welche kaltes Wasser braust.

Nach den D. R.-P. Nr. 53045 und 55153 ist aus dem Fluorsilicium künstlicher Kryolith ($6\,NaFl + Al_2Fl_6$), der zur Fabrikation von Milchglas oder Emaille gebraucht wird, herzustellen; durch Filtriren trennt man die Kieselsäure von der Kieselfluorwasserstoffsäure, dampft letztere Lösung ein und versetzt sie mit Thonerde und Soda.

Ueber Condensatoren siehe auch Muspratt, Techn. Chemie, Artikel Natrium.

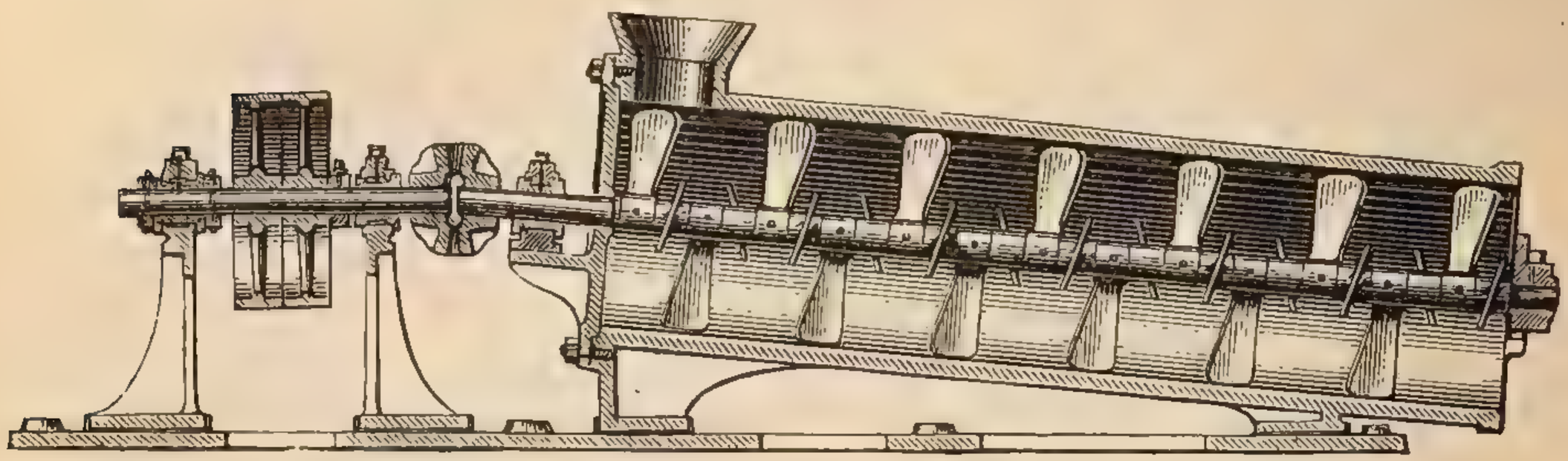
Die Aufschliessmaschine.

Die ersten Aufschliessmaschinen, welche in England aufkamen und bei uns zuerst von J. Pallenberg, Mannheim*), gebaut wurden, waren sehr einfacher Construction; sie bestanden aus einem horizontal oder geneigt liegenden Bleicylinder, in dem eine rotirende Schnecke, schlangenförmige oder flügelartige Arme, die am Kopfende eingegebenen Materialien, Säure und Phosphat, mischte und die Mischung aus dem am Ende des Cylinders befindlichen verschliessbaren Loche entfernte (siehe Fig. 33 u. 34, a. f. S.). Die geneigt liegenden Maschinen eigneten sich jedoch nur zur Verarbeitung von Knochenphosphaten und Guano, welche die Säure schnell aufsaugen. Dann kamen die eigentlichen Rührwerke auf, zuerst in verbleiten, darauf in eisernen schalen- und kesselförmigen Behältern arbeitend, welche man entweder über Gruben oder tiefen Kellern bezw. Kammern oder derart aufstellt, dass man zur Entleerung Kippwagen unterfahren kann. Die von Gebr. Burgdorf, Altona, construirte

*) Diese Firma beschäftigt sich mit Einrichtungen von Düngerfabriken.

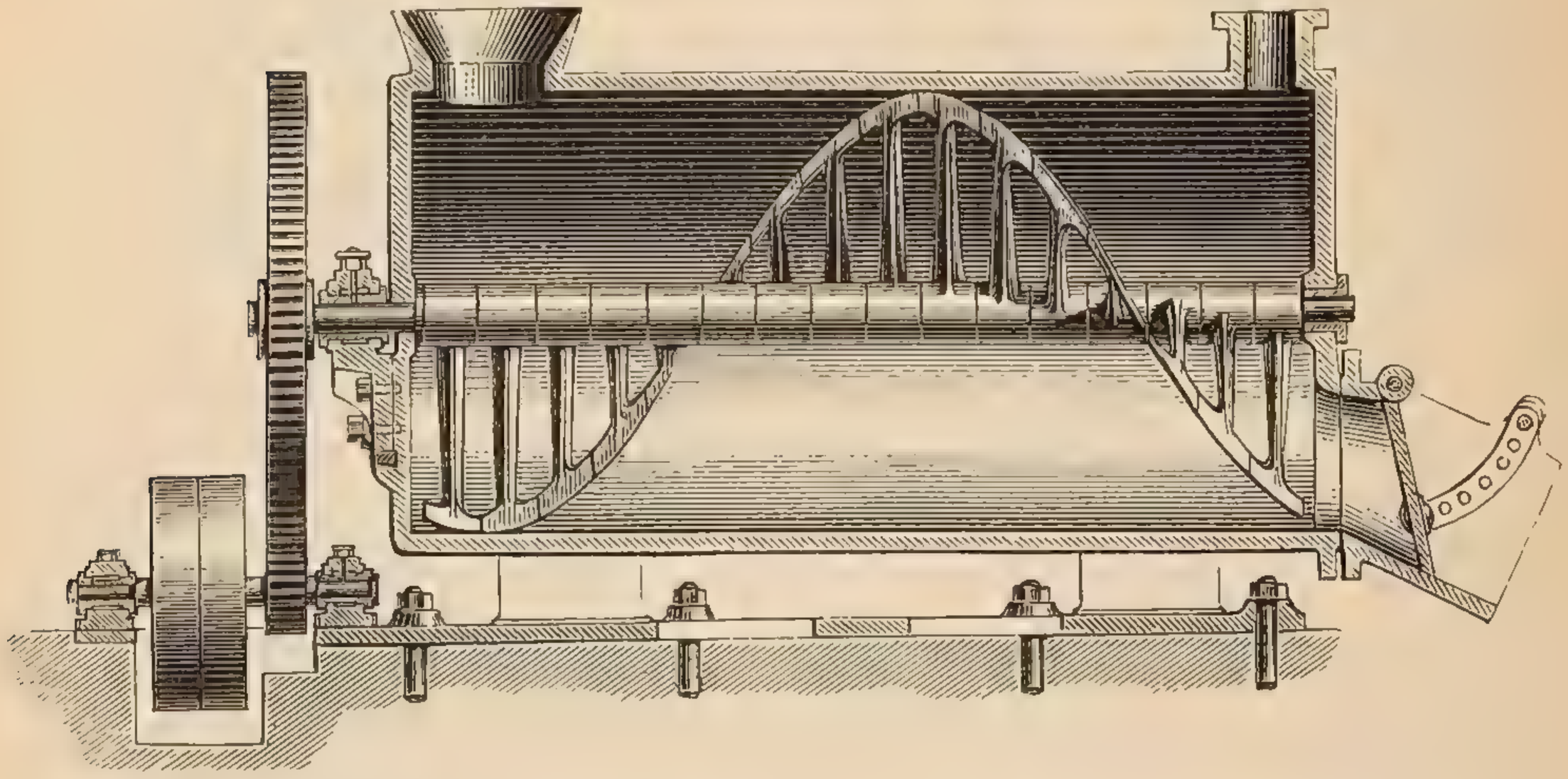
Maschine ist fahrbar. Diejenigen Maschinen, welche durch Oeffnen von Schiebern entleert werden (Fig. 35 und 36), haben sich nicht bewährt und kommen immer mehr und mehr ab, weil sich die Schieberöffnungen leicht vollsetzen, wodurch Störungen eintreten. Die Misch-

Fig. 33.



maschinen (Fig. 35, 36 u. 37, a. S. 57 bis 59) bestehen zumeist aus einer 1400 mm weiten und 300 mm tiefen Schale aus blasenfreiem Gusseisen; das unbearbeitet säurebeständig ist; diese Aufschliessschale wird mit einem 300 mm hohen Deckel geschlossen. Das Rührwerk ist dreiarmig

Fig. 34.

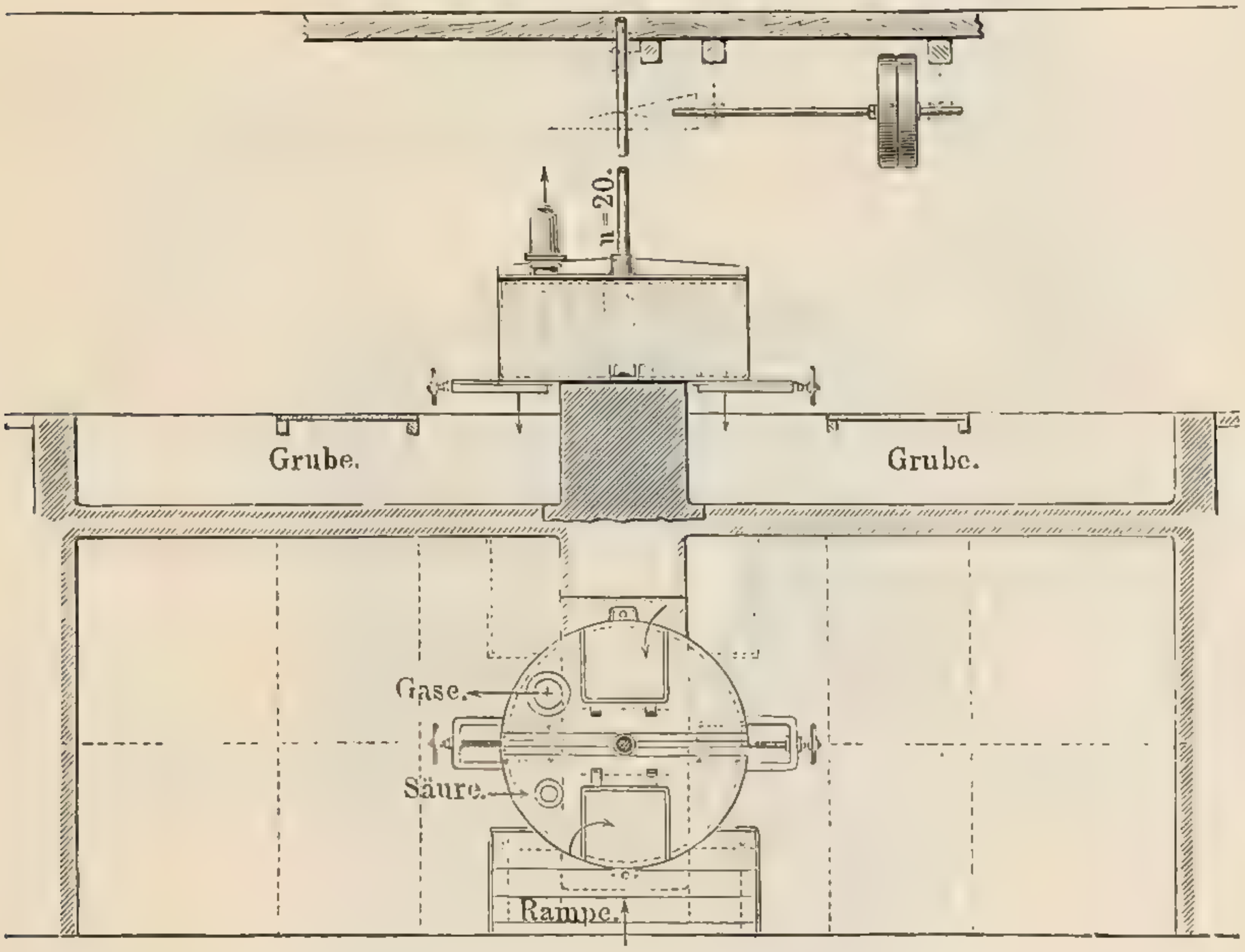


und das Rühren erfolgt durch in die Arme eingesetzte, bis zum Boden der Schale reichende, auswechselbare, pflugartig gestaltete Messer mit einer Geschwindigkeit von 15 bis 30 Touren in der Minute. Die Messer durchfurchen die Masse; geschieht dies schnell genug, so wird vermieden, dass die zuerst hineingekommenen Phosphattheile hart werden und die Masse dickflüssig machen, ehe das Letzte hineinkommt.

Der Spurzapfen des Rührwerks ist so angeordnet, dass er mit der Mischung nicht in Berührung kommt. Seitlich über dem Rührwerke

befindet sich die Oeffnung für das Dunstrohr, welches sich mit den Abzugsrohren aus den Kellern vereinigt und in einen Kamin bezw. in die Absorptionsräume führt. Manche Fabrikinspectoren schreiben die auf S. 54 erwähnten Absorptionsanlagen vor, andere wieder halten einen Abzug der sauren Gase durch den Kamin für genügend, weil hier eine Verdünnung zur Unschädlichkeit eintreten soll und weil, wie wir S. 10 gesehen haben, durch die Reaction zwischen Fluorsilicium und Wasser schon eine beträchtliche Selbstreinigung stattfindet. Es sind aber Fälle

Fig. 35.



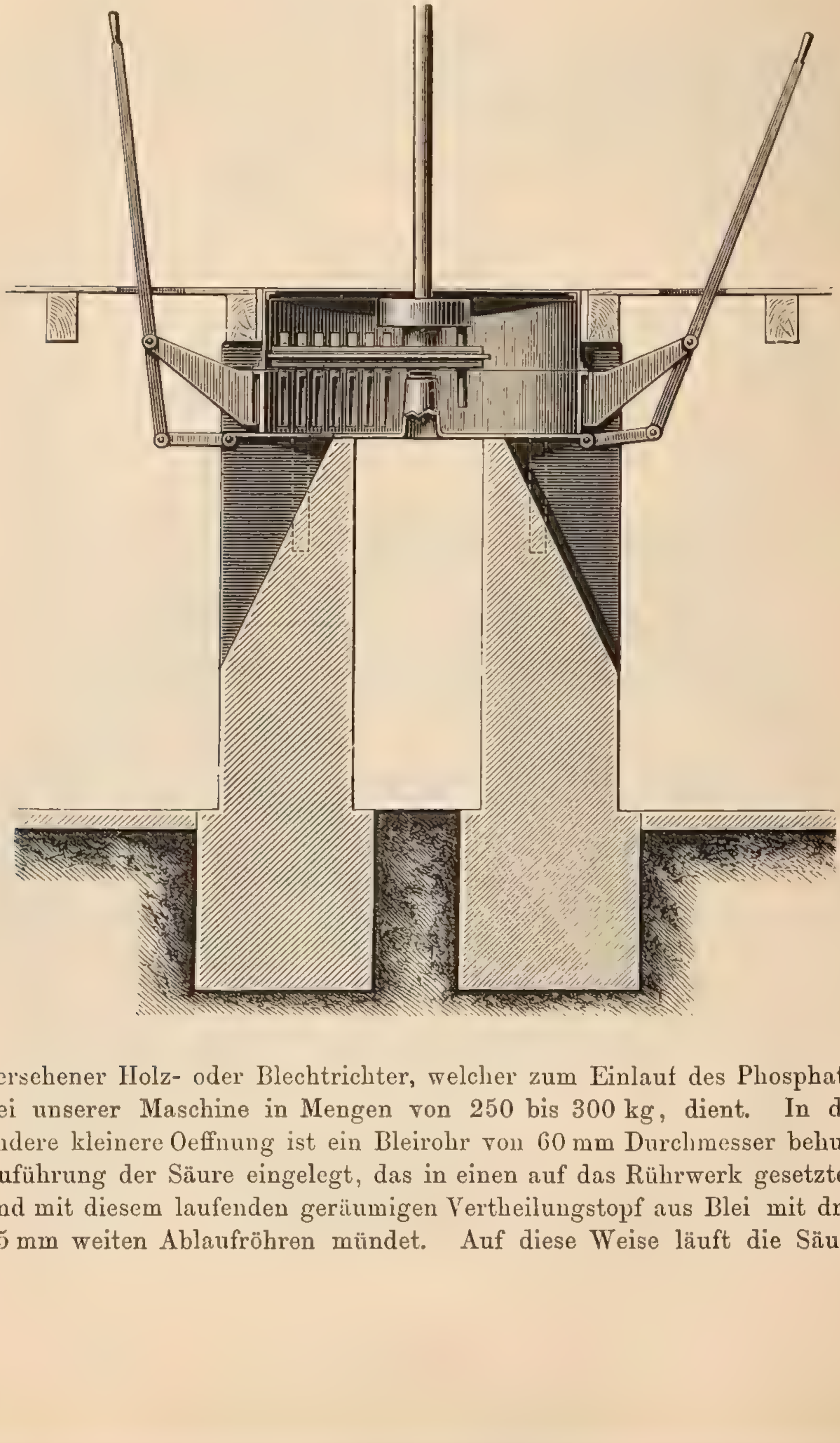
bekannt, wo auf nahe der Fabrik gelegenen Feldern, bis auf 500 m, das Korn durch die aus dem Kamin entweichenden Gase angefressen wurde und Fluor in verhältnissmässig grossen Mengen nachweisbar war. Die Art der Anlage hängt von der Lage der Fabrik ab. Ueber „Die Belästigung der Nachbarschaft durch gewerbliche Anlagen“ siehe Chem.-Ztg. 1889, S. 229; über „Die chemischen Fabriken und ihre Nachbaren“ siehe Zeitschr. f. angew. Chem. 1890, S. 584. Ferner siehe Reuss, „Rauchbeschädigung“ Goslar 1893.

Die Weite der Hauptleitung, gewöhnlich aus Thon- oder Gusseisenröhren bestehend, muss mindestens 400 mm betragen, da sich an den kalten Wänden Kieselsäure absetzt (siehe v. Gruber, S. 54), die enge Rohre bald verstopfen würde. Zur Entfernung dieses schneeweissen krystallinischen Ansatzes, welcher in Folge Zersetzung des Fluorsiliciums durch entweichenden Wasserdampf entsteht und stets fluorhaltig ist, nach Schiff (2, S. 731): $2\,SiO_2$, HFl, sind in dem ersten Theile dieser

Leitung von zwei zu zwei Meter ⊤ Stücke eingesetzt, deren einer Schenkel nach oben gerichtet und mit einem übergreifenden Holzdeckel verschlossen ist.

Im Deckel der Aufschliessmaschine befinden sich drei Oeffnungen; auf der einen, 250 mm weiten steht ein mit zurückschlagbarer Klappe

Fig. 36.

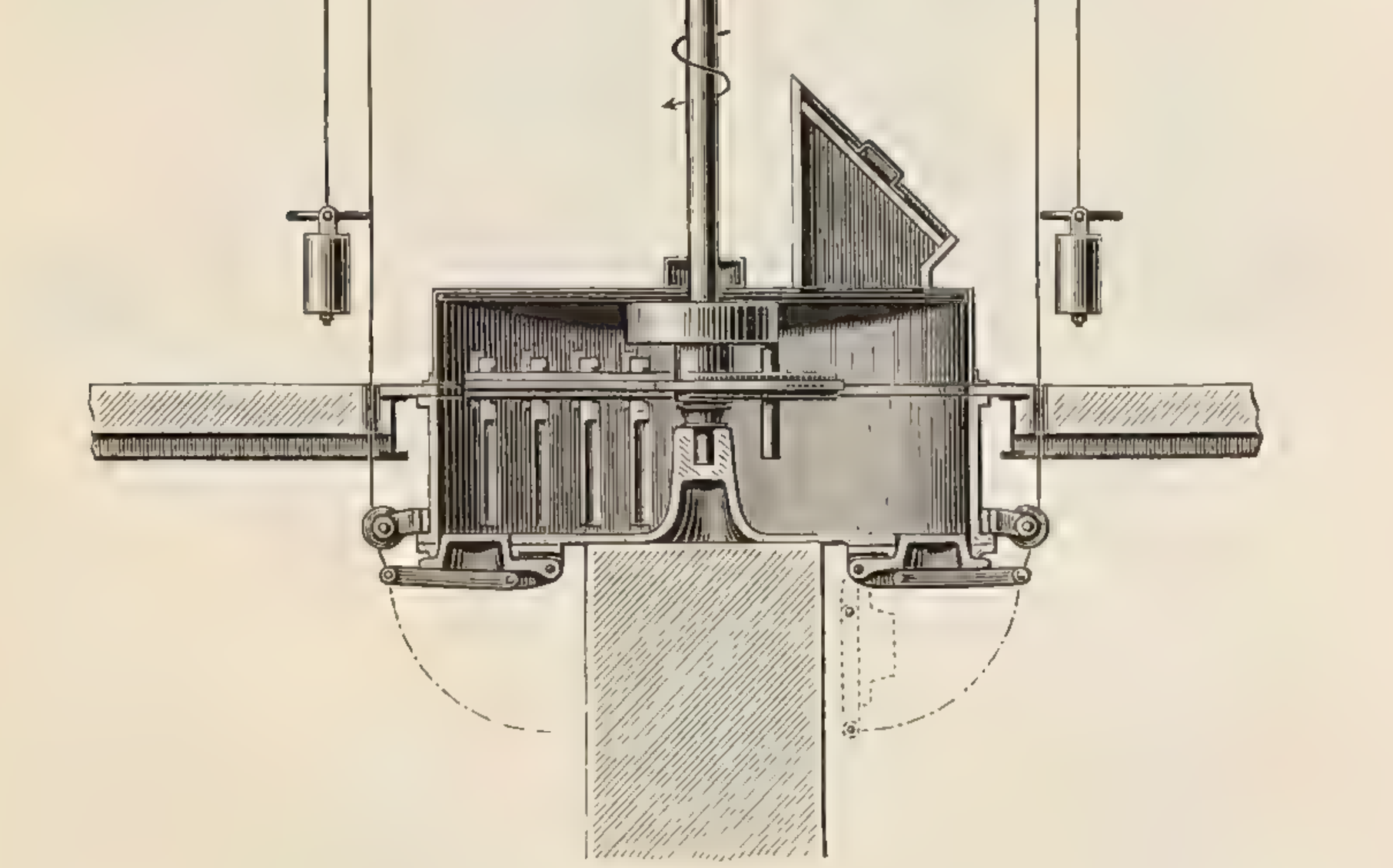


versehener Holz- oder Blechtrichter, welcher zum Einlauf des Phosphats, bei unserer Maschine in Mengen von 250 bis 300 kg, dient. In die andere kleinere Oeffnung ist ein Bleirohr von 60 mm Durchmesser behufs Zuführung der Säure eingelegt, das in einen auf das Rührwerk gesetzten und mit diesem laufenden geräumigen Vertheilungstopf aus Blei mit drei 25 mm weiten Ablaufröhren mündet. Auf diese Weise läuft die Säure

gleichmässig auf das gleichzeitig eingeschüttete Phosphat, nur dürfen die Bleirohrenden des Säuretopfes nicht in die Mischung eintauchen, damit sie sich nicht verstopfen und verbiegen.

Die dritte, ebenfalls 250 mm weite Oeffnung ist mit einem Blechdeckel verschlossen und dient dazu, um zu jeder Zeit während des

Fig. 37.



Mischens einen Blick in das Innere der Maschine thun und nöthigenfalls Proben der Mischung nehmen zu können.

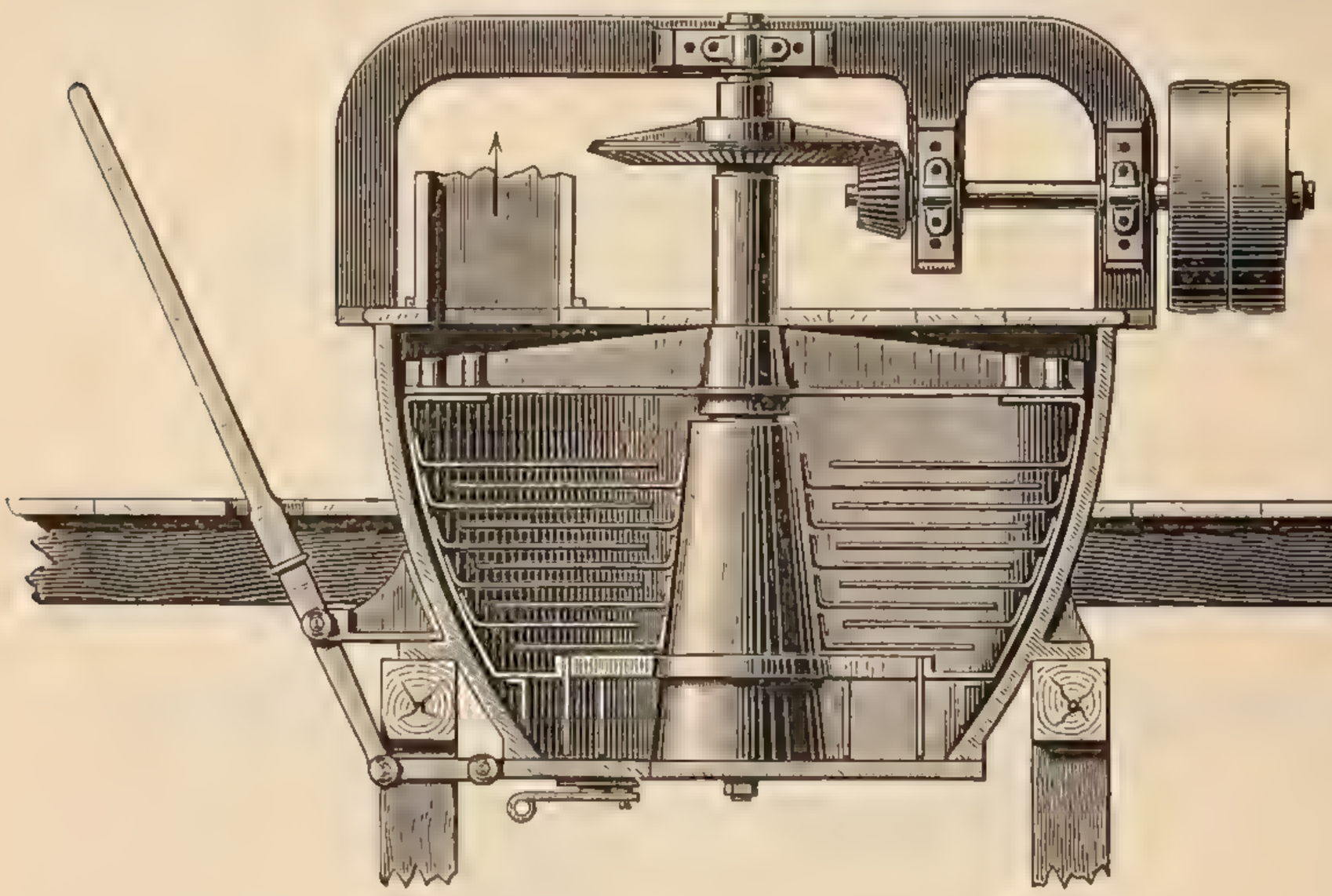
Man lässt nach Bedürfniss, etwa zwei Minuten bei 30 Touren, mischen, öffnet dann die Klappe und lässt durch die Wirkung des Rührwerks leer laufen; hiernach schliesst man, füllt wieder u. s. w.; eine Operation soll nicht länger als fünf Minuten dauern. Der Kraftverbrauch beträgt etwa vier Pferde.

Die Aufschliessschalen sind bis zu einem Durchmesser von 3000 mm gebaut, in denen bei einem Kraftverbrauche von acht Pferden und bei schneller Rotation des Rührwerks bis 6000 kg Superphosphat in der Stunde hergestellt werden können.

Die Superphosphatkeller bezw. Kammern haben sich zur Zersetzung des Phosphats am geeignetsten gezeigt, da die Mischung in ihnen ungestört ein heisses Lager haben kann; es muss nur für gute Absaugung der Gase, hauptsächlich des Wasserdampfes, event. bei mangelndem Zuge vermittelst eines Ventilators Sorge getragen werden. Es findet in diesen geschlossenen Räumen unter Entbindung der Reactionswärme — bis 120° — die Haupteinwirkung zwischen Phosphat und Säure statt. Frisch ankommende Mischungen fallen und vertheilen sich auf den darunter befindlichen älteren.

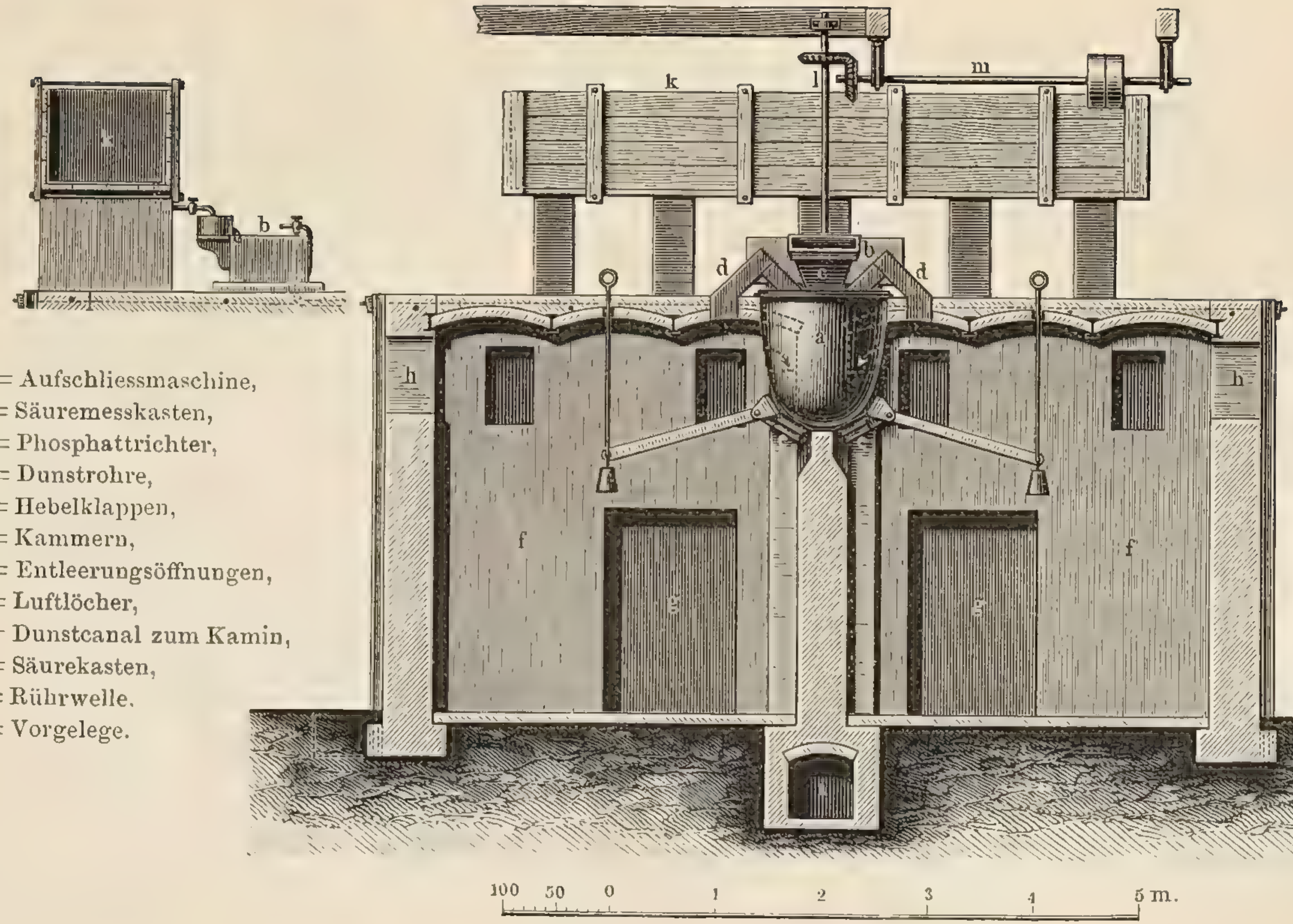
Die Bauart ist folgende: Jede der beiden Kammern, auf deren Scheidewand die Maschine ruht, bekommt zweckmässig eine Höhe von

Fig. 38.



3000 mm, eine Länge von 5000 mm und eine Breite von 4500 mm. Die Wände werden ein und einhalb Steine stark aufgeführt und erhalten innen ein Futter von einem halben Stein aus den besten Klinkern. Um das Mauerwerk zu halten, um ein Reissen desselben durch die Hitze und ein Ausweichen durch den Druck der Mischungen zu verhüten, wird dasselbe aussen mit Schienen verankert, die unten eingemauert und oben auf der Decke durch Zugstangen zusammengehalten werden (Fig. 39). Die Decke wird gewölbt, indem man von 1 zu 1 m Schienen auf die Wände legt und die Zwischenräume bogenartig ausmauert; hierauf kommt entweder eine Betonschicht oder ein Belag von 50 mm starken Eichenbohlen. Das Mauerwerk über der Thür wird von zwei Schienen getragen, während die Luken Bogen erhalten. Die zweitheilige Thür wird aus Eichenholz hergestellt und die Deckleisten derselben greifen über den Falz im Mauerwerk und über die Theilung; die Luken werden durch Klappen geschlossen, welche man, wie die Thür, durch einen Riegel mit Keilen

Fig. 39.



a = Aufschliessmaschine,
b = Säuremesskasten,
c = Phosphattrichter,
d = Dunstrohre,
e = Hebelklappen,
f = Kammern,
g = Entleerungsöffnungen,
h = Luftlöcher,
i = Dunstcanal zum Kamin,
k = Säurekasten,
l = Rührwelle,
m = Vorgelege.

dahinter zum festen Anliegen bringt (siehe Fig. 41). Nöthigenfalls werden die Fugen mit bereit stehendem Lehm verstrichen. Man baut die Kammern mit dem Boden, welcher ebenso wie der der Mischgrube angelegt wird, entweder auf Fabriksohle oder als Keller unter der Erde, so dass im letzteren Falle die Maschine auf Fabriksohle zu stehen kommt. Die Art dieser Anlage hängt vom Terrain, überhaupt von der ganzen Fabrikeinrichtung ab.

Zur Bedienung der Aufschliessmaschine gehören vier Mann; einer bedient die Maschine selbst, ein zweiter überwacht das Einlaufen der Säure und die beiden letzten tragen das Phosphat in den Trichter. Säure und Phosphat müssen gleichzeitig einlaufen, niemals das Phosphat früher, und Bleibehälter mit Säure und die zugehörigen Säcke Phosphat sollen gleichzeitig leer sein. Die Maschine bleibt fortwährend im Gange und wird nur dann ausgerückt, wenn Störungen entstanden sind. Nach beendeter Schicht wirft man etwas Phosphat ein, damit noch vorhandene freie Säure, die das Eisen in Folge an der Luft eintretender Verdünnung angreifen würde, gebunden wird.

An der Maschine werden auf Tafeln die Säuremischungen, sowie Zusammensetzung und Zahl der Aufschlüsse vermerkt.

Dann kamen die Mischtöpfe auf, und zwar zuerst in Vienenburg in der Fabrik von H. J. Merck & Cie.*). An der Welle befinden sich Rührarme mit Stäben; an dem Spurbock des Topfes sind ebenfalls Stäbe angebracht und es wird durch diese Einrichtung (Fig. 38) von M. Ehrhardt, Wolfenbüttel, ein tüchtiges Durchkneten der Masse bewirkt.

Die Construction der Mischmaschine von Dr. F. Lorenz, Hannover**), und die Disposition der ganzen Einrichtung (siehe Fig. 39), ermöglicht in vollkommenster Weise die Erreichung folgender Principien:

1. Die Zersetzung des Phosphats durch die Säure soll nicht in der Maschine, sondern hauptsächlich in den geschlossenen Kammern sich vollziehen.

2. Die ganze Wärme der Reaction soll nutzbar gemacht werden, um eine energische Wirkung der Säure auf das Phosphat, also vollständige Aufschliessung zu erzielen und um möglichst viel Feuchtigkeit zu verdampfen, also trockene Waare zu erhalten, trotzdem zum Zweck bester Aufschliessung die Säure thunlichst verdünnt angewandt wurde.

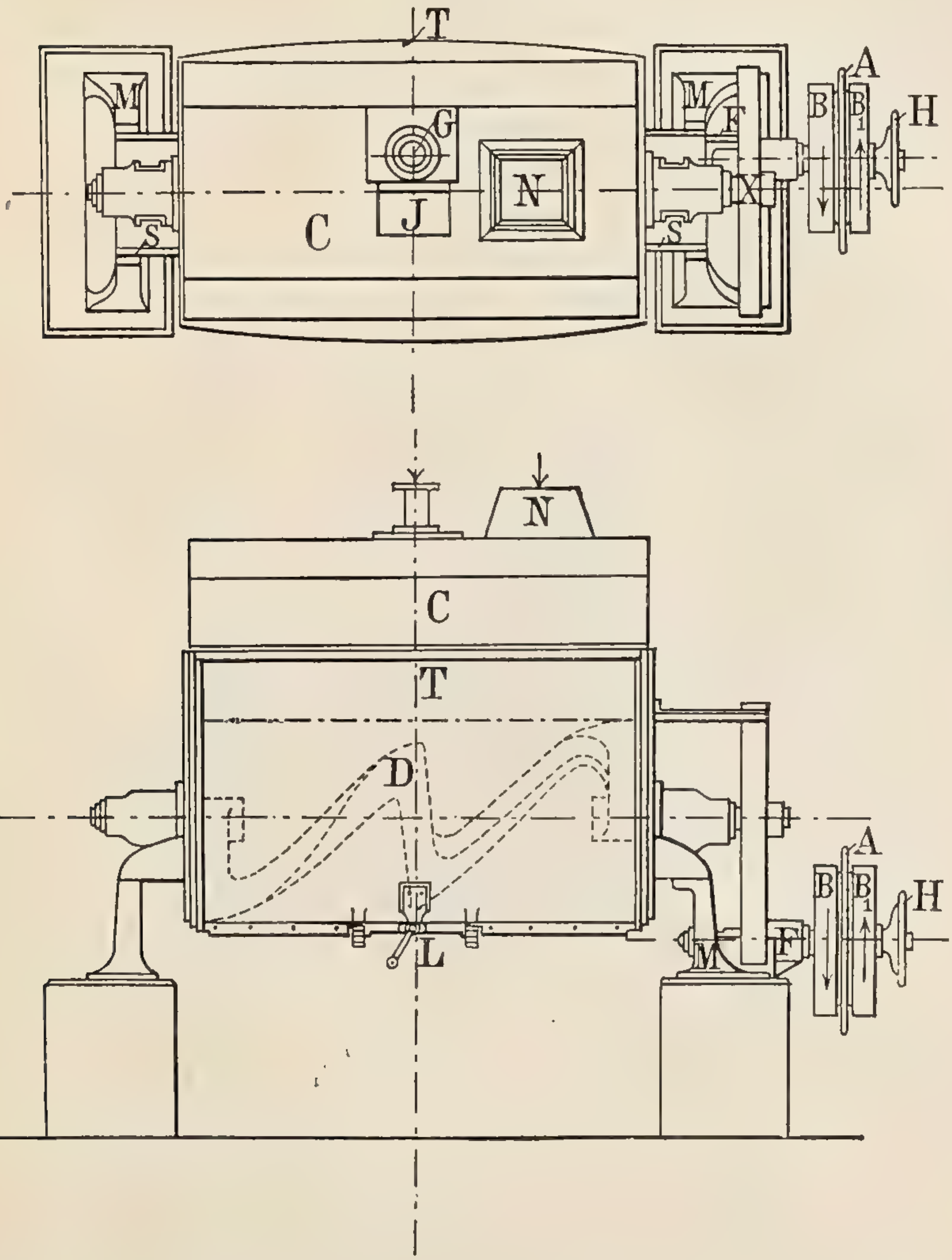
Zur Durchführung dieser Principien ist die Einrichtung getroffen, dass Säure und Phosphat zu einer Mischung innerhalb $^1/_4$ Minute in der Maschine sind, dass mittelst der schnell rotirenden Rührschaufeln die völlige Vertheilung des Phosphats in der Säure innerhalb $^1/_2$ Minute vollendet ist und dass die Entleerung der dann noch fast dünnflüssigen Masse momentan erfolgt, worauf man sofort mit einer zweiten Mischung beginnen kann.

---

*) Chem.-Zeit. 1893, S. 1104.
**) Specialist in der Einrichtung von Superphosphatfabriken.

Die Säure wird zu dem Zwecke aus dem Bleikasten *k* durch die Messkasten *b* geleitet, welche sich wechselseitig füllen (siehe S. 50), und läuft durch Ausheben eines Ventils durch weite Röhren schnell in den Topf *a*. Gleichzeitig wird durch den Phosphattrichter *c* mit Bodenklappe,

Fig. 40.



die durch eine Kette gehalten wird, das Mehl eingestürzt, welches vorher direct an der Mühle auf das betr. Gewicht abgewogen war und bereit stehen muss. Der Mischkessel reitet auf der Scheidewand der beiden Kammern und ist nach jeder Seite hin mit einer Klappe *e* versehen. Die Rührschaufeln der Welle *l* durchschneiden die Masse in der Weise, wie

„der Pflug den Boden“; die gehobene Erdscholle überstürzt sich dabei; es kann sich daher nichts absetzen, sondern alles Phosphat wird in der Säure schwebend erhalten, zerschlagen, gewendet und vertheilt. Ein einfacher Zug an der Hebelklappe *e* genügt, um den dünnflüssigen Brei sofort hinabstürzen zu lassen und es bedarf dazu keines Aufwandes an Kraft und Zeit, wie bei den alten Aufschliessmaschinen. Der Verschluss ist gut; man überzeugt sich aber doch im Betriebe mit eigenen Augen davon, während die ersten Mischungen gemacht werden, und muss der Arbeiter die Zugstange an dem Hebel, welcher unten durch Gewichtsstücke beschwert ist, auf einmal loslassen, damit die Klappe fest anschlägt.

Die Maschine braucht zwei Pferdekräfte und kann stündlich bis 7500 kg Superphosphat liefern.

Die Mischmaschine von Werner und Pfleiderer, Cannstatt (Fig. 40, a. v. S.), besteht aus einem gusseisernen Mischtroge *T*, der mit einem innen verbleiten Holzdeckel *C* bedeckt ist und aus einer darin rotirenden Mischschaufel *D*.

Der Antrieb erfolgt durch einen Reversirapparat — *A* ist das Mittelstück, *BB* sind die Scheiben, *H* ist das Handrad, *F* das Lager —, mittelst dessen eine Vor- und Rückwärtsbewegung der Schaufel, sowie ein momentanes Inbetriebsetzen und Abstellen der Maschine erzielt wird. Der Deckel, welcher mittelst Schrauben und Filzdichtung mit dem Mischtroge verbunden ist, hat drei Oeffnungen, eine zum Einschütten des Phosphats mit zurückschlagbarem Deckel *J*, eine andere zum Einlaufen der Säure *G* und die dritte für das Dunstrohr *N*. Das gusseiserne Säurezuleitungsrohr endet mit einem Vertheilungsstutzen.

Behufs Entleerung des Troges ist derselbe an seinem tiefsten Punkte mit einem elastisch angedrückten Schieber *L* versehen, welcher durch Drehen der Handkurbel je nach der grösseren oder geringeren Consistenz der Mischung beliebig weit geöffnet werden kann.

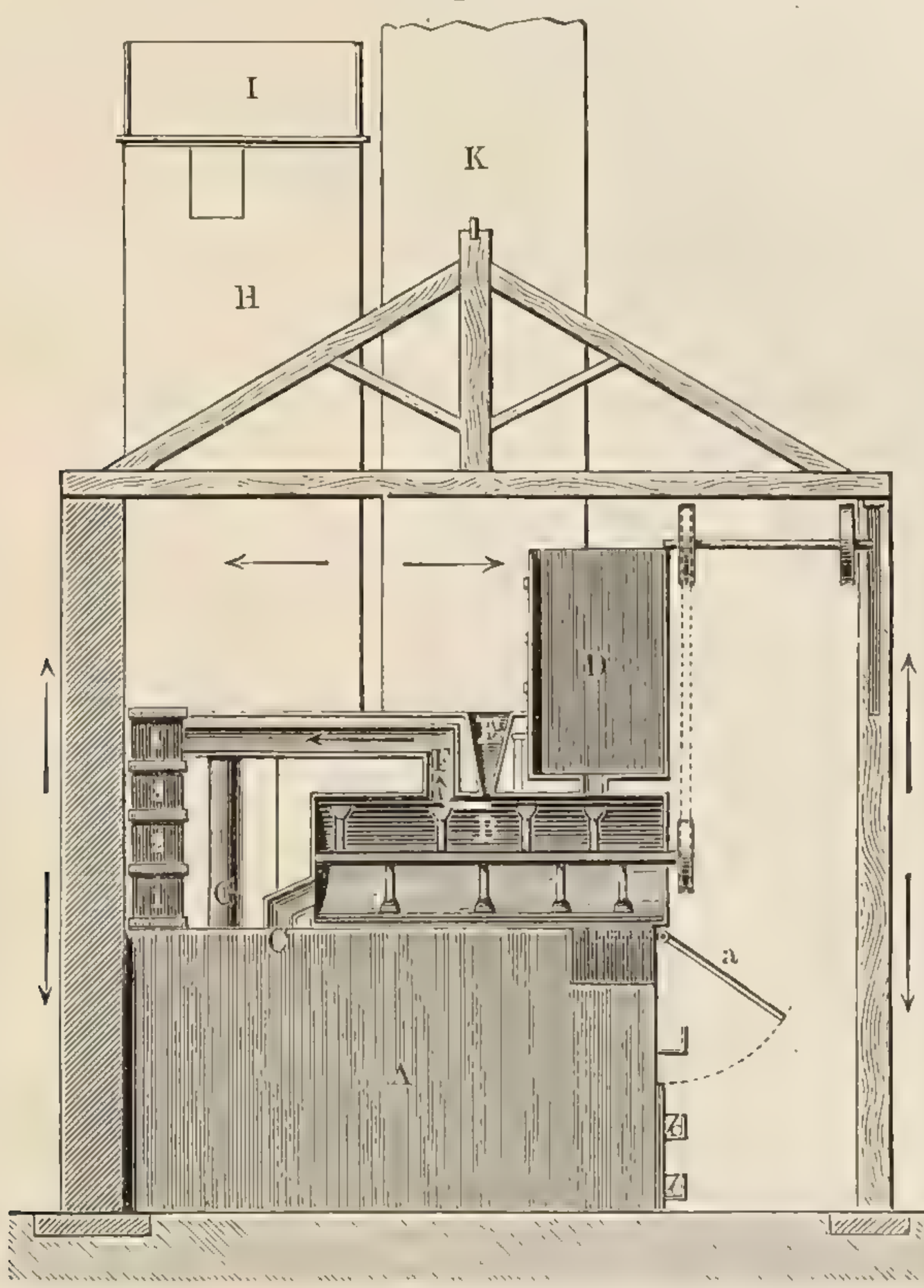
Die Maschine wird in zwei Grössen gebaut, 800 und 1000 Liter fassend. Eine Mischoperation dauert 15 bis 20 Minuten.

Die von Gebr. Burgdorf, Altona, gebaute Aufschliessmaschine ist ebenfalls zu den praktischen zu rechnen. Dieselbe wird fahrbar und feststehend ausgeführt und besteht aus einer Flügelwelle, einem um dieselbe drehbaren gusseisernen Trog, einer Drehvorrichtung für letzteren und aus einem dichten Holzgehäuse, das die ganze Maschine einschliesst. Phosphat und Säure werden durch eine Oeffnung in der Holzumhüllung in dem oben offenen Trog, der 500 bis 1000 kg Mischung fasst, eingeschüttet. Das im Betriebe befindliche Rührwerk mischt bei einem Kraftverbrauche von zwei Pferden die Theile auf das Innigste, und sobald die Mischung vollständig erfolgt ist, wird der Trog mittelst einer Drehvorrichtung einmal um seine Axe gedreht, wodurch er sich vollständig und schnell, in etwa $^1/_2$ Minute auf die einfachste Weise entleert. Während der Drehung bleibt das Rührwerk in Thätigkeit.

Diese Maschine, die stündlich bis 5000 kg Superphosphat liefert, besitzt den anderen Maschinen gegenüber den Vorzug, dass an ihr weder Schieber noch Klappen behufs Entleerung angebracht sind.

Die in Amerika und England fast allgemein benutzten Aufschliessmaschinen sind von Wyatt (9, S. 125) beschrieben; sie sind der Skizze

Fig. 41.



A = Aufschliesskammer mit dem auch bei uns üblichen praktischen Thürverschluss (siehe S. 60),
B = Mischmaschine,
C = Abfluss der Mischung in die Kammer,
D = Säurekasten,
E = Einlauf des Phosphats,
F = Abzugsrohr für die Maschinengase,
G = Abzugsrohr für die Kammergase,
1 bis 4 = Gassammler und Ableiter in den Absorptions- bezw. Condensationsthurm H (siehe S. 54),
I = Wasserreservoir,
K = Kamin.

(Fig. 33) ähnlich, nur liegt die Maschine horizontal. Von einer Aufschliessanlage amerikanischen Systems giebt uns derselbe Chemiker Kenntniss (Fig. 41, a. v. S.). Die Seitenansicht zeigt uns die erwähnte Mischmaschine, welche auf der Scheidewand zweier Kammern, jede etwa 120 Tonnen Superphosphat fassend, steht und 1000 kg Mischung aufnimmt. Eine Kammer wird in zehn Arbeitsstunden gefüllt.

Die Lagerzeit des Superphosphats richtet sich in erster Linie nach der Schnelligkeit des Trocknens und hängt ferner vom Bedarf der Waare ab. Sind die Phosphate rechtzeitig angeliefert, d. h. etwa 2 bis 3 Monate vor Versand des Superphosphats, so genügt meistens eine ein- bis zweimonatliche Lagerzeit zum guten Austrocknen der Waare. Kommt das Phosphat jedoch erst später zur Verarbeitung und giebt es noch dazu ein nasses, langsam oder gar nicht trocknendes Superphosphat, so ist eine öftere Bearbeitung, ein öfteres Umstechen und Zerdrücken der Klumpen mit der Schaufel oder ein Behandeln mit Stachelwalze oder aber ein künstliches Trocknen geboten.

Bei Verwendung von starker Säure kommt es trotz innigen Mischens leicht vor, dass einige Theile des Phosphats mehr von der Säure benetzt werden als andere, und man erhält so beim späteren Sieben manchmal eine kleine Menge nasser Klumpen. Diese wirft man einfach bei Seite und setzt sie späteren Mischungen ohne Weiteres hinzu. Man kann die Klumpenbildung zu einer minimalen machen, wenn man, abgesehen von der Verwendung verdünnter Säure, das frische Superphosphat beim Abfahren aus der Kammer der Maschine oder aus der Grube gegen eine feste Fläche wirft oder tief hinunter in den Lagerraum fallen lässt. Manche ziehen ein sofortiges Sieben durch ein grobes Standsieb, sog. Grandsieb, vor, wobei die mit der Schaufel zerdrückten Knollen der Waare wieder beigemischt werden.

Es ist jedoch erfahrungsgemäss besser, wenn das Superphosphat in der ersten Lagerungsperiode möglichst wenig bearbeitet wird und so heiss als möglich in seiner eigenen Wärme gelagert bleibt. Für grössere Fabriken dürfte es sich daher empfehlen, eine Anzahl Kammern neben einander aufzustellen, für unsere Production etwa deren sechs, die nach einander gefüllt und entleert werden. Anstatt dreier Mischmaschinen würde man mit einer oben beschriebenen transportablen von Gebr. Burgdorf auskommen, wenn man sich hierfür entschieden hat.

Es ist ferner von guter Wirkung auf das Superphosphat, wenn man bei warmem, windigem Wetter für Ventilation im Lagerraume sorgt, bei nasser Witterung aber Thüren und Luken schliesst.

Jedes Lager Superphosphat erhält eine Tafel, die man mit Marken, Nummern oder Buchstaben bezeichnet.

Zum Schluss ist noch zu erwähnen, dass in neuerer Zeit Versuche gemacht wurden, das Mischen von Phosphat und Säure in Centrifugen vorzunehmen.

Liegt bei den oben beschriebenen Mischmaschinen die Energie in dem Rührwerke — es geht das Mischen nur an der Angriffsstelle vor sich —, so ist bei der Centrifuge die Arbeitsleistung umgekehrt, denn hier liegt die Energie im Mischgut, indem die Bewegung des rotirenden Schleuderkorbs auf dasselbe übertragen wird; sie wächst mit dem Trommeldurchmesser und der Tourenzahl.

Auf eine solche für Mischzwecke bestimmte Centrifuge hat schon 1892 C. G. Haubold jun., Chemnitz, aufmerksam gemacht*). Die das Mischen besorgende Vorrichtung besteht aus mehrfach durchbrochenen und verschiedenartig gestalteten und angeordneten Widerständen, welche von jedem Theile des Mischgutes in gleicher Weise passirt werden müssen; durch das Aufschlagen auf diese Widerstände wird das Mischgut zerstreut und durch einander geworfen, worin überhaupt das Mischen besteht.

Diese Centrifuge hat jedoch bis jetzt keine Aufnahme im Betriebe gefunden.

Zum künstlichen Trocknen des feuchten Superphosphats

verwendet man entweder directe Heizung, Luftheizung oder Heizung durch Abdampf der Dampfmaschine. Die Kesselfeuerungsgase sind ebenfalls auszunutzen, wenn dadurch der Zug des Kessels nicht beeinträchtigt wird, anderenfalls muss man den Kamin erhöhen.

Trockenanlagen, wie die alten Darren mit directer Kohlenheizung werden jetzt nur dann noch angelegt, wenn nasses Phosphat**) Ammoniak — Schmelzpunkt 140° — oder Salpeter — Schmelzpunkt 318° — schnell zu trocknen sind. Diese Trocknungsweise ist aber bei viel Wärme beschwerlich; die Temperatur ist nicht gleichmässig zu halten und es muss daher beim Trocknen von Superphosphat viel Aufmerksamkeit verwandt werden. Bei einer Temperatur von über 120° bildet sich aus dem sauren phosphorsauren Kalk nach und nach pyrophosphorsaurer Kalk:

$$4\,CaH_4(PO_4)_2 = 3\,CaH_2P_2O_7 + Ca(PO_3)_2 + 5\,H_2O$$

und ist die Zersetzung zu metaphosphorsaurem Kalk bei 200° vollständig. Die im Superphosphat enthaltene freie Phosphorsäure wird bei 260° allmälig in Pyrophosphorsäure übergeführt und die Bildung von Metaphosphorsäure, die sich langsam verflüchtigt, tritt nach eigenen genauen Versuchen bei 300° ein.

Ueber die Zersetzung des sauren phosphorsauren Eisenoxyds s. S. 12.

Bei Abdampfheizung dagegen wird die erlaubte Temperatur von 120° nicht überschritten und werden solche Darren von Riemann***) be-

*) Chem.-Zeit. 1892, S. 1397.
**) Ebend. 1893. S. 791.
***) Zeitschr. f. angew. Chem. 1890, S. 68.

sonders empfohlen; der Abdampf aus einer 50pferdigen Dampfmaschine genügt zur Erhitzung einer Fläche von 180 qm. Brandes & Cie.,

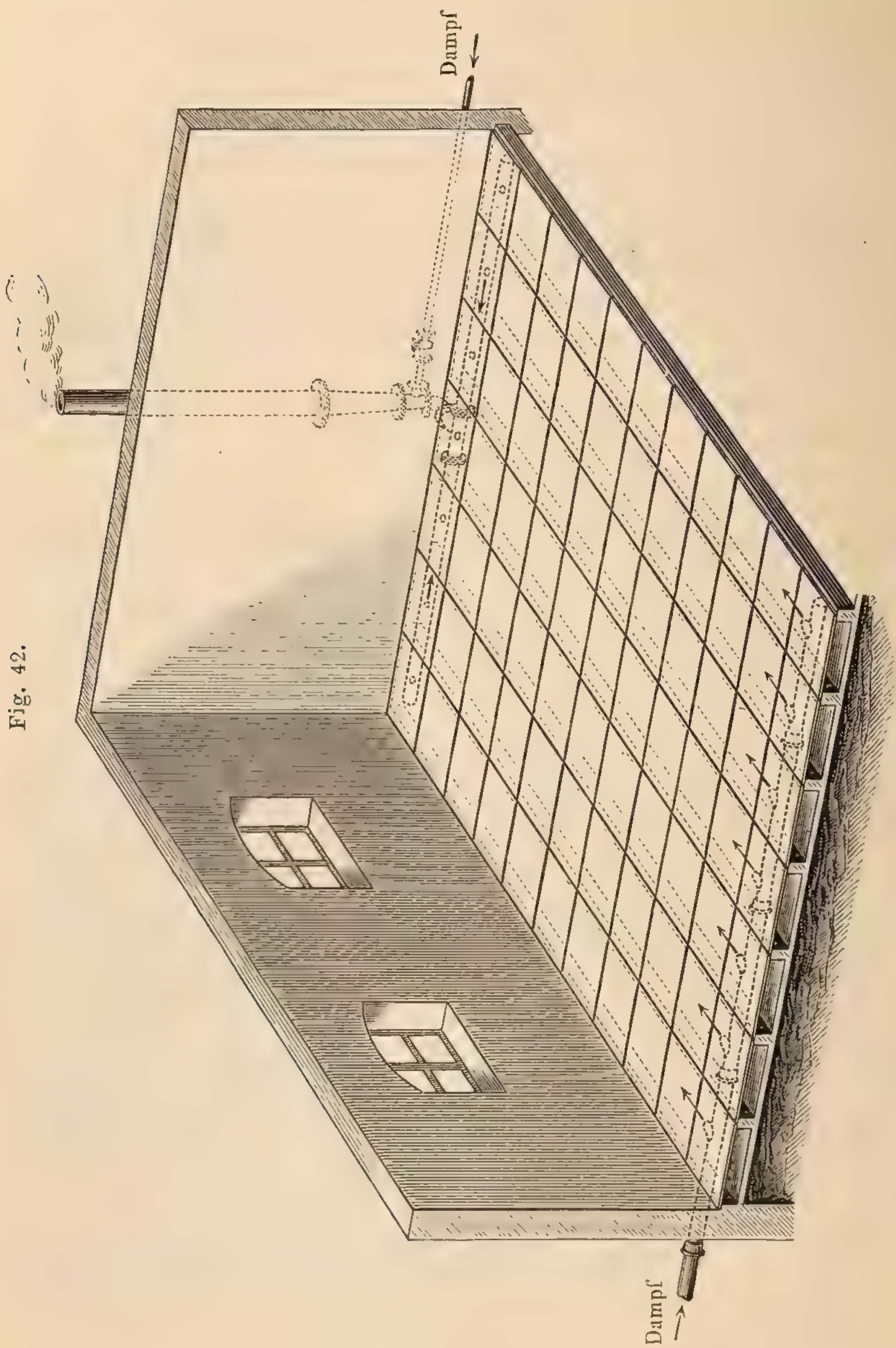


Fig. 42.

Wolfenbüttel, bauen solche Dampfdarren und ist ihre Einrichtung aus Fig. 42 zu ersehen; es sind auf dieser Flachdarre in einem Arbeitstage

je nach dem Feuchtigkeitsgehalte von 15 bis 24 Proc. 20000 bis 15000 kg Superphosphat zu trocknen, d. h. es werden diese Wassergehalte auf etwa die Hälfte entfernt. Die wasserhaltigen Dämpfe werden vermittelst eines Abzuges oder Ventilators aus dem Trockenraume abgesaugt.

Die continuirlich arbeitenden Trockenanlagen, die sog. Trockencanäle, kann man mit Abdampf und Luftheizung anlegen. Der Trockenraum besteht aus einem entsprechend langen Raume von verhältnissmässig geringer Breite und Höhe. An seinem Entleerungsende sind unterhalb die Heizrohre derart angebracht, dass sich die von aussen einströmende Luft an diesen Rohren erwärmen muss und dann sehr vertheilt nach oben in den Trockencanal eintritt. Am Aufgabeende des Canals wird die feuchte Luft mittelst eines Ventilators von unten am Boden weg abgesaugt und durch einen Kamin abgeleitet. Das Trocknen erfolgt nach dem Gegenstromprincip. Das zu trocknende Superphosphat wird auf fein gelochten Blechhorden in mässig und zulässig hoher Schicht ausgebreitet und auf einfachen eisernen Wagen über einander in genügenden Abständen in den Canal geschoben. Beim Einbringen eines neuen Wagens wird der erste dem Entleerungsende um eine Wagenlänge zugebracht. Ist der Canal voll gefahren, so wird beim Herausnehmen eines trockenen Wagens ein frisch beladener wieder am entgegengesetzten Ende eingeschoben. Die heisse Luft kommt also stets mit der trockensten Waare in Berührung, bewegt sich im Canal entlang, trifft auf ihrem Wege immer feuchtere Waare an, nimmt immer mehr Wasser bei gleichzeitiger Wärmeabgabe auf und entweicht zuletzt gesättigt aus dem Trockenraume.

Abdampfheizung der Trockenanlage — die Dampfmaschine ist mit Expansion, natürlich ohne Condensation einzurichten — setzt Betrieb der Maschine auch während der Nacht voraus, welche Bedingung nicht immer erfüllt ist; man zieht deshalb Luftheizung vor, auch noch aus dem Grunde, weil man mit dieser Heizung im Stande ist, nöthigenfalls höhere und gleichmässige Temperaturen als 100^0 zu erzielen. Die Dampfmaschine wird in diesem Falle mit Condensation eingerichtet.

Eine Berechnung muss lehren, bei welcher Heizungseinrichtung man am besten wegkommt.

Diese letzte Trockenanlage gestattet eine leichte Bewältigung grosser Massen mit wenig ständiger Bedienungsmannschaft; man hat es in der Hand, das Ein- und Ausbringen des Trockenguts zu beschleunigen oder zu verlangsamen. Sie lässt sich im Lagerschuppen unterbringen und ist die Productionsfähigkeit durch Aufführung mehrerer Canäle neben einander beliebig zu steigern. Zur Bedienung genügt ein Arbeiter; der Lohn beträgt für 100 kg Superphosphat etwa 5 Pf.; bei der Luftheizungsanlage erhöht sich der Lohn auf 7 Pf. und es betragen die Unkosten an Kohlen etwa 5 Pf.

Fig. 43 (a. f. S.) zeigt eine continuirliche Trockenanlage mit Gegenstrom und Feuerluftheizung von Gebr. Körting, Hannover; H = Heizung,

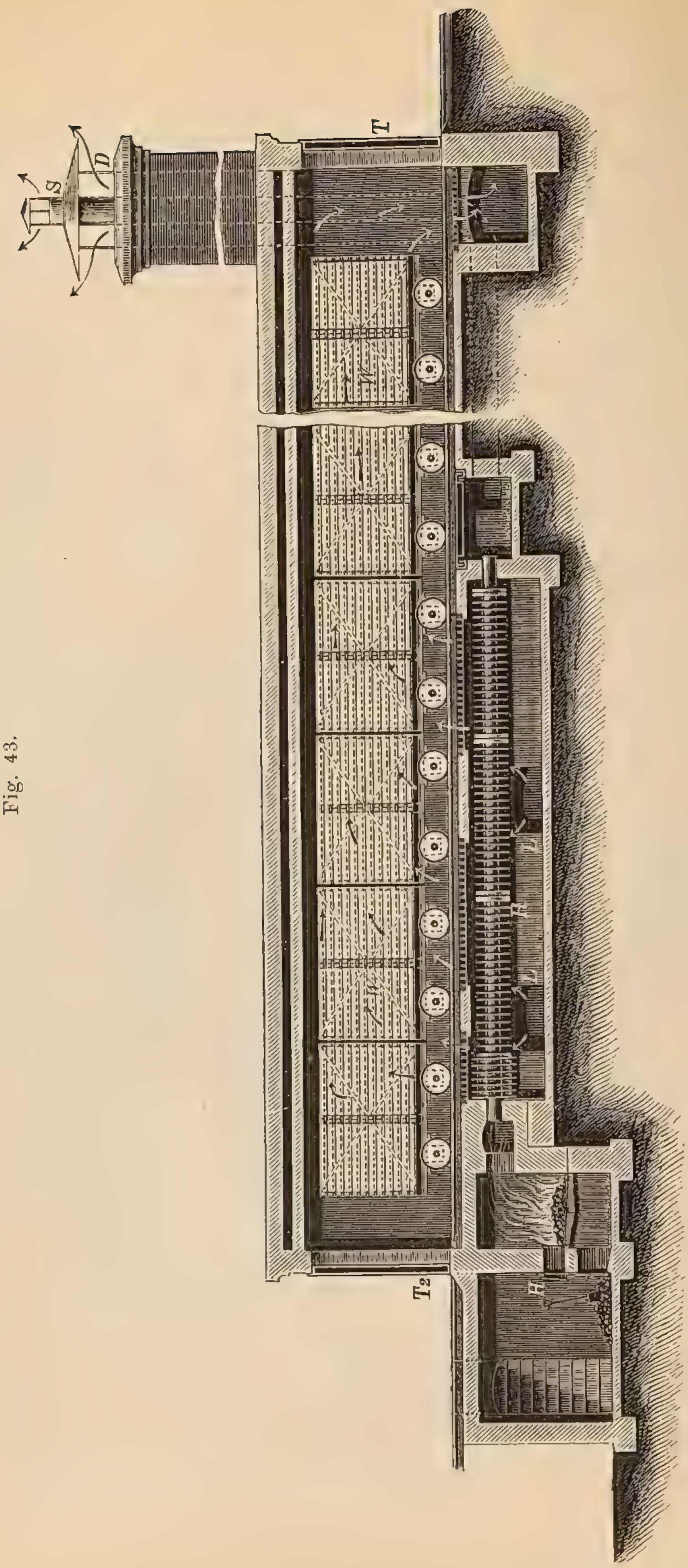


Fig. 43.

L = Züge, R = Rippenheizkörper, W = Wagen mit Horden, T = Anfang der Trocknung, T_2 = Ende der Trocknung, D = Abzug des Wasserdampfes, S = Abzug der Heizgase.

v. Gruber[13]) empfiehlt die von C. Zimmermann, Harburg, construirte „mechanische Darre“, bei welcher directe Feuerluft dem auf geneigten Blechflächen in Folge Schüttelns durch den Ofen beförderten Superphosphat entgegenstreicht. Eine solche Hochdarre, die in jedem Gebäude Platz findet, nimmt mit nöthigem Arbeitsplatz einen Raum von höchstens 50 qm ein und leistet in 24 Stunden bis 40 000 kg trockene Waare, mithin etwa das Zweifache der Flachdarre.

Zum Trocknen seebeschädigter oder nasser Materialien bauen Gebr. Pfeiffer, Kaiserslautern, eine Hochdarre, die aus einem System äusserer und innerer kegelförmiger gusseiserner Ringe, einem oben befindlichen Einwurf und dem am unteren Ende der Heizkörper befindlichen Auslaufe aus Eisenblech besteht. Unter diesem Auslaufe befindet sich eine Coaksfeuerung. Das feuchte eingestürzte Phosphat vertheilt sich auf den kegelförmigen Flächen der Heizkörper und bedeckt dieselben bis zum Auslaufe. Zur Regulirung des Trockenprocesses dienen ausbalancirte Ringe, welche von dem Heizer von Zeit zu Zeit gehoben und wieder gesenkt werden, wodurch ein allmäliges Nachsinken des Materials bewirkt wird.

Nach Wyatt[9]) und Keller*) bewährt sich in Florida eine Anlage sehr gut, die den Schwefelkiesöfen mit schiefer Ebene ähnlich ist; das nasse Phosphat wird oben eingefüllt, bewegt sich den Feuergasen langsam entgegen und wird unten trocken abgezogen. Diese Darre zeigt grosse Aehnlichkeit mit der von Zimmermann.

Die Zerkleinerung des Superphosphats

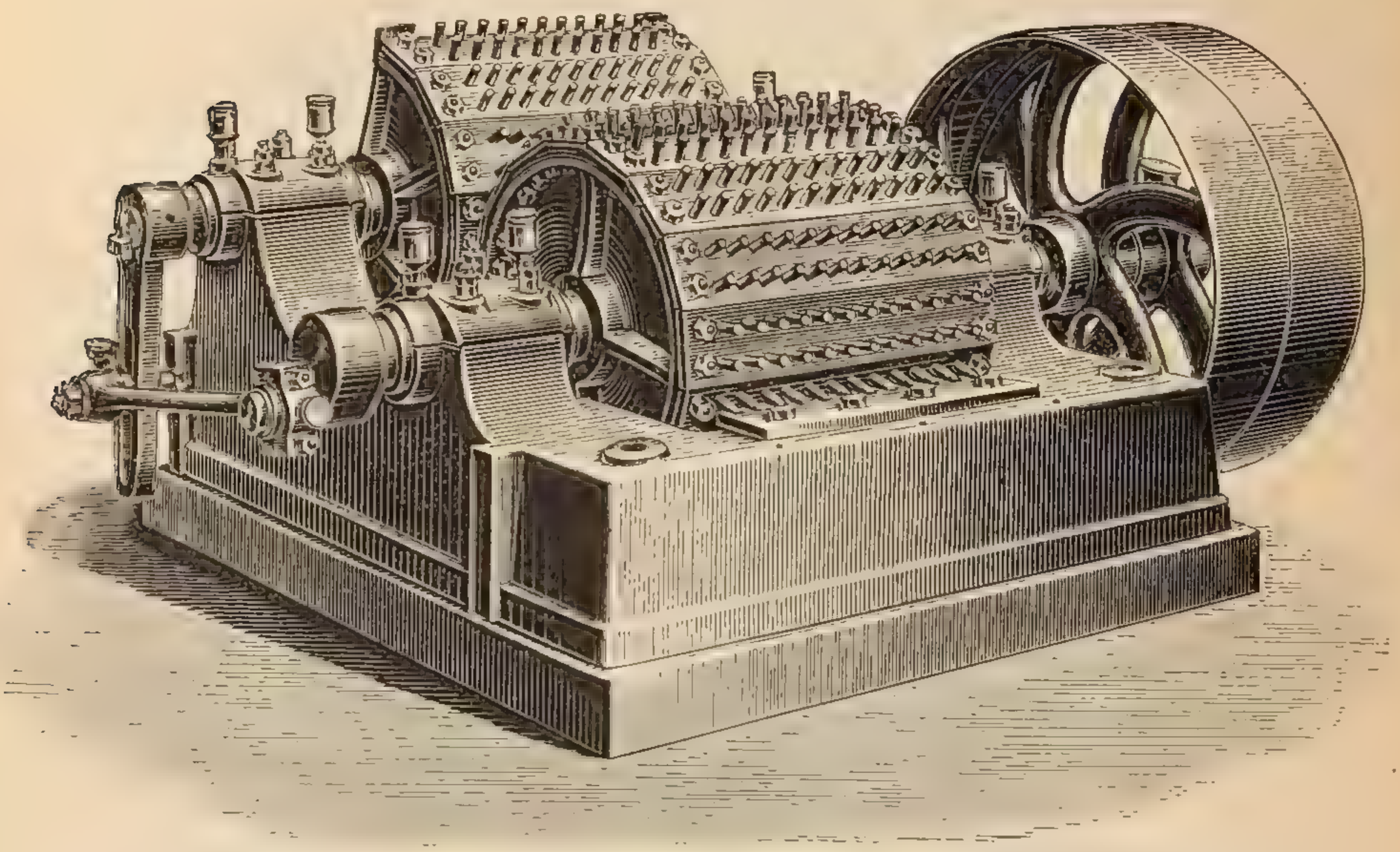
geschah früher dadurch, dass man dasselbe einfach mit der Schaufel durch ein schräg gestelltes Standsieb warf. War ein solches Sieben wegen zu nasser Beschaffenheit der Waare nicht möglich, so wurde dieselbe in einem Stachelwalzwerk bearbeitet und wieder zu Lager gebracht, damit die Luft trocknend einwirken konnte.

Das Pallenberg'sche Walzwerk (D. R.-P. Nr. 43490) besteht (s. Fig. 44, a. f. S.) aus einer sich beständig mit 200 Touren in der Minute drehenden Stachelwalze, deren Stacheln in eine hin und her schwingende Stachelwalze oder in einen Walzentheil eingreifen und das Material hindurchschlagen. Durch die schwingende Bewegung werden die nassen Klumpen immer wieder gehoben und in die Höhe geworfen, wodurch ein fortwährendes Auflockern und Zerkleinern derselben stattfindet; gleichzeitig tritt selbstthätige Reinigung der Walzen ein, weshalb Be-

*) Chem.-Zeit. 1892, S. 110.

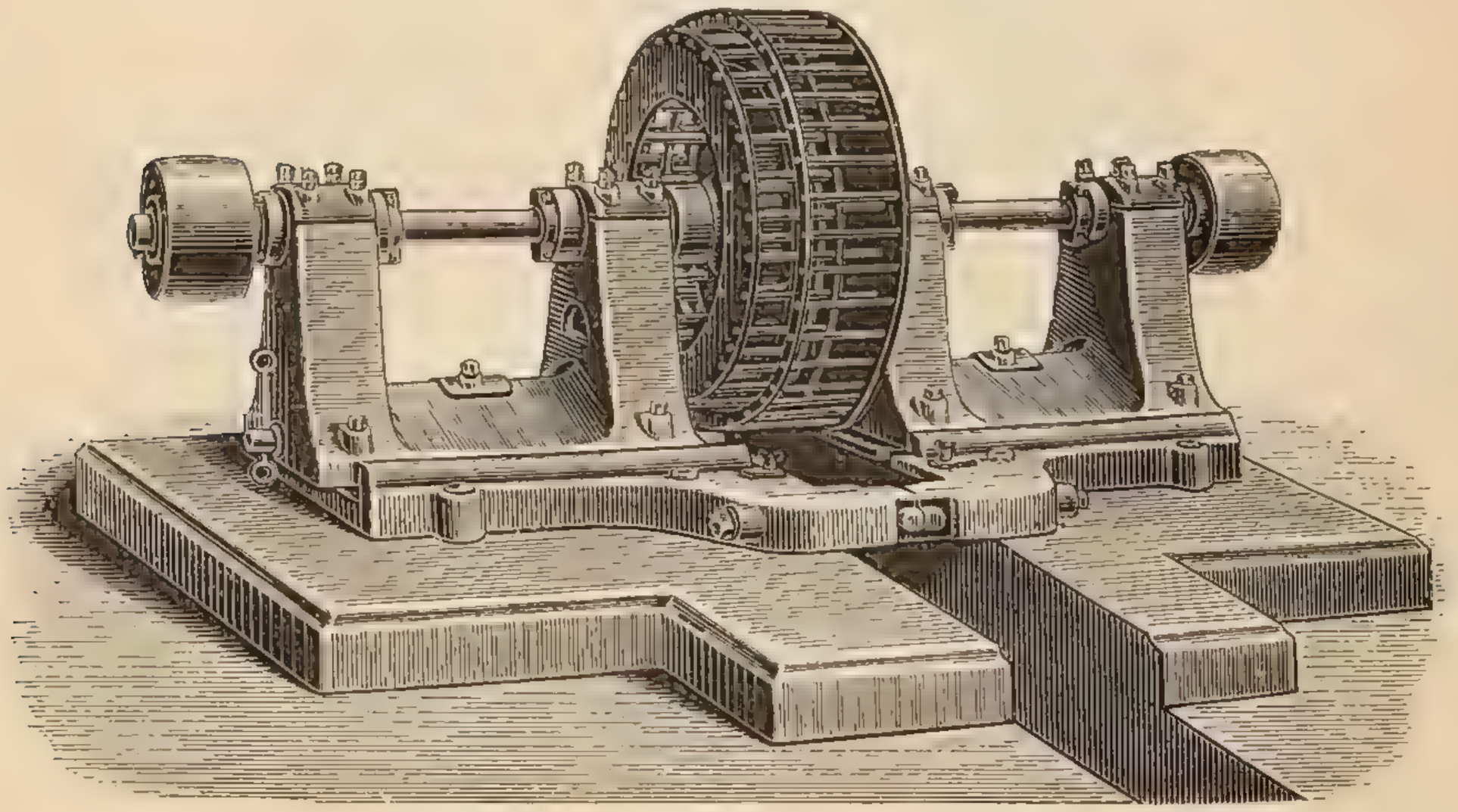
triebsstörungen selten sind. Der Kraftverbrauch beträgt 4 bis 5 Pferde bei einer stündlichen Leistung von etwa 4000 kg Waare.

Fig. 44.



Die Zerkleinerung von trockenem Superphosphat erfolgt im Desintegrator, und zwar dadurch, dass die festen Theile durch Centrifugal-

Fig. 45.

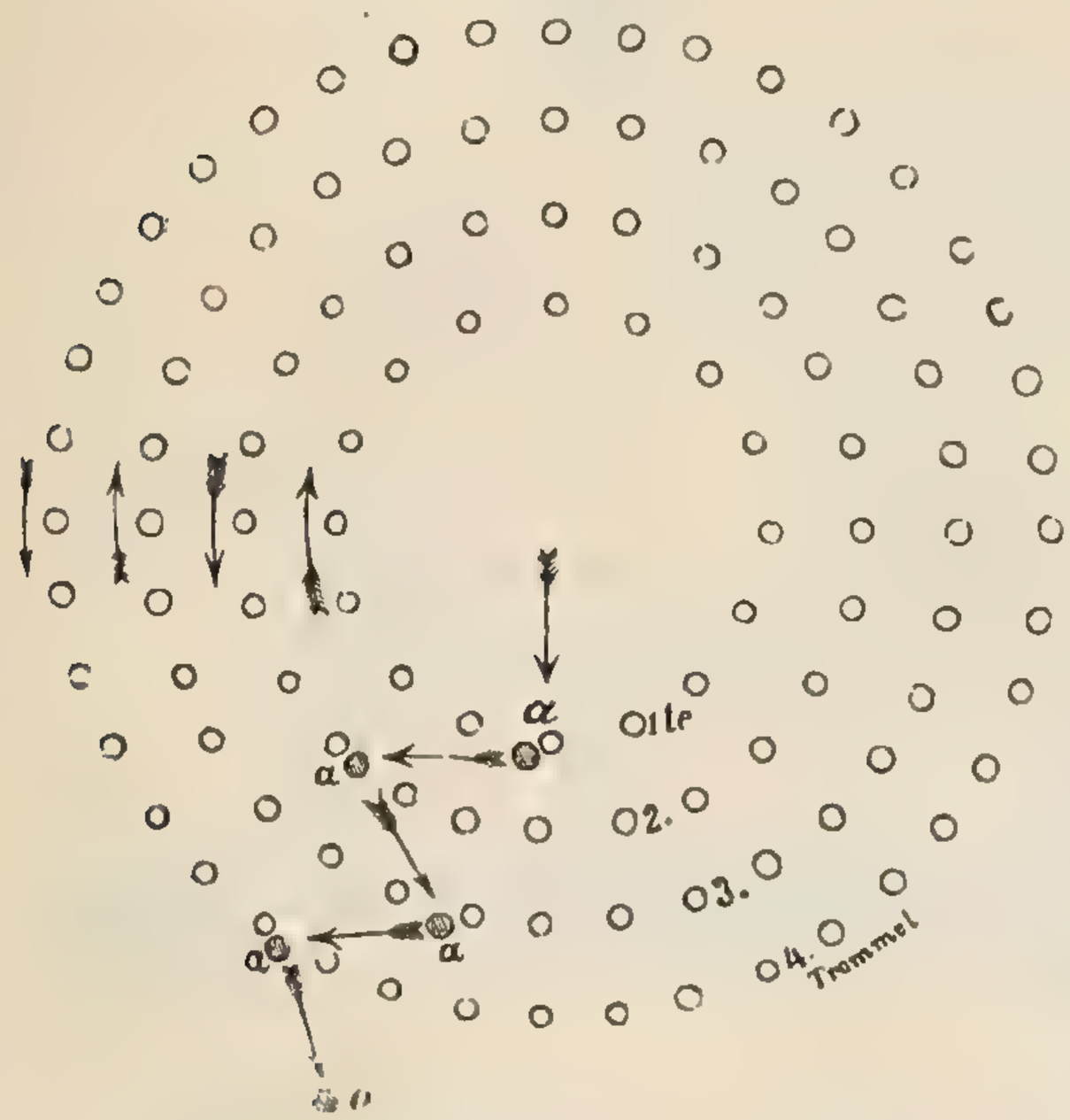


kraft gegen Stahlstäbe geschleudert werden, welche auf zwei guss- oder schmiedeeisernen Scheiben in concentrischen Kreisen in vier Reihen an-

gebracht sind (s. Fig. 45 u. 46). Die Scheiben rotiren in einem Blechgehäuse in entgegengesetzter Richtung — der eine Riemen läuft gerade, der andere gekreuzt —, so dass die Stäbe der einen Trommel nahe an denen der anderen vorbeilaufen. Die Waare wird durch einen seitwärts angebrachten Aufschütttrichter in der Mitte des Gehäuses den Trommeln zugeführt und zwischen den einzelnen Stäben, wie Fig. 45 zeigt, zerpeitscht und zerrieben.

Der erste Desintegratorbetrieb war derart, dass man den Desintegrator im Parterre auf einem niedrigen, etwa 600 mm hohen Mauersockel aufschraubte, die grobe Waare oben einwarf und das Schleudergut durch ein Standsieb mit der Hand absiebte. Später führte man maschinelle Siebvorrichtungen ein.

Fig. 46.



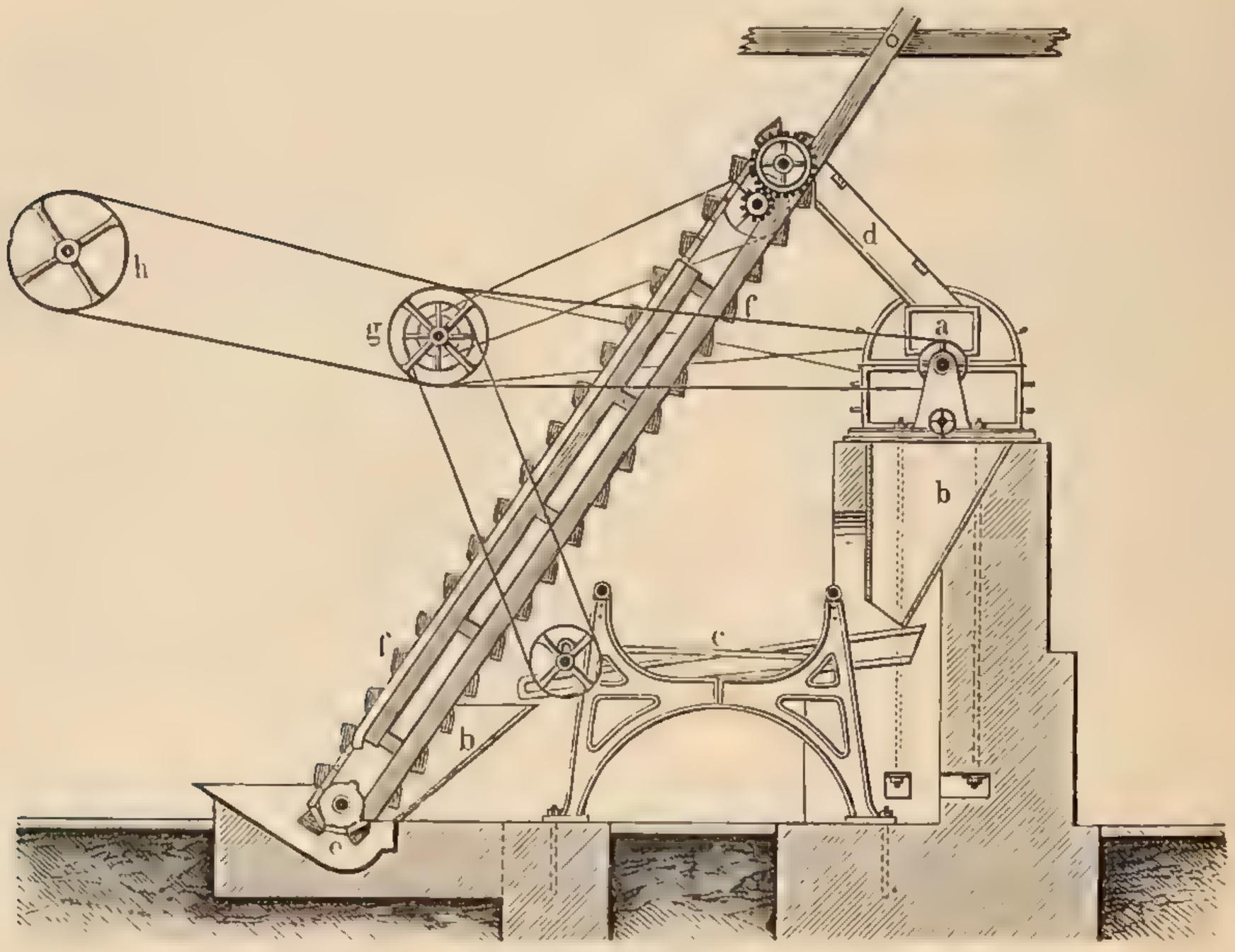
Bei dieser Anlage erkannte man aber bald mancherlei Unzuträglichkeiten; denn das Superphosphat, welches, wie jeder Düngerfabrikant weiss, sehr empfindlich gegen Druck und Stoss ist, wenn es den Desintegrator verlässt, fiel in einen gewöhnlich schlecht zugänglichen, kellerartigen Raum. Hier fasste es der Becher des Hebewerks und drückte es beim Aufnehmen zu einem Klumpen zusammen, welcher dann auf das Sieb fiel, sich auf diesem aber nicht ganz wieder auflöste, sondern zum grossen Theil in den Desintegrator zurückkehrte, um denselben Weg zu wiederholen und, noch mehr, Alles zu verschmieren.

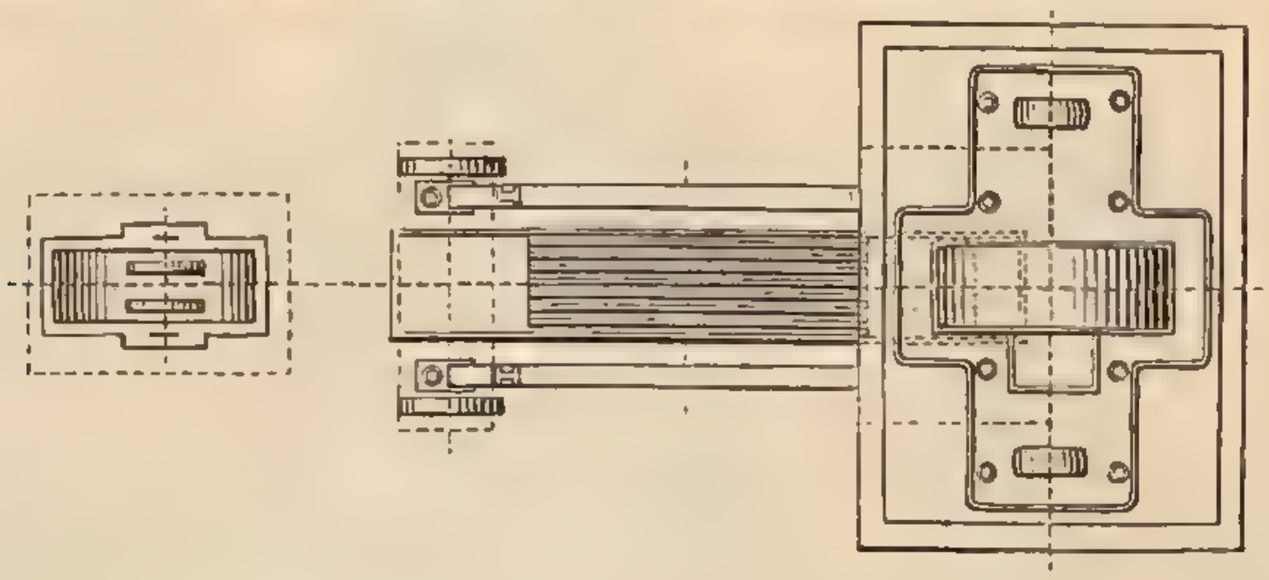
Aus diesen Gründen transportirt man jetzt nicht mehr das im Desintegrator behandelte Material mit dem Becherwerk, sondern das unzerkleinerte, nicht backende Material vom Lager. Der Desintegrator wird daher jetzt hoch auf einem Mauerpfeiler aufgestellt, Fig. 47 (a. f. S.) stellt eine Anlage von Dr. F. Lorenz, Hannover, dar, oder auch direct auf die Balkenlage des Gebäudes im ersten Stock aufgeschraubt, wenn das Gebäude sicher construirt ist.

Der grosse gusseiserne Schöpftrog *e* fasst zwei Schiebkarren oder einen Kippwagen voll Material; das Becherwerk *f* schöpft frei aus demselben die vom Lager kommende Waare, welche noch nicht feucht zerschlagen ist und nicht ballt, und schüttet dieselbe in den Desintegrator *a*.

Ohne irgend ein Drücken oder Kneten fällt sie aus diesem, der langsam geht und weit gebaut ist, direct auf das schwach geneigte Rüttelsieb. Dieses besteht aus einem hin und her schwingenden eisernen Rahmen, der durch eine doppelt gekröpfte stählerne Kurbelwelle, sowie durch zwei mit Puffer angreifende Pleuelstangen bewegt wird; man hat deshalb an jeder Seite des Rahmens eine Antriebsscheibe angebracht, damit jede Ein-

Fig. 47.





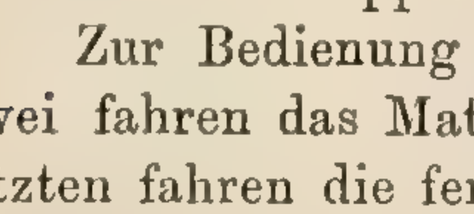
seitigkeit des Kraftangriffes vermieden wird, welche bald eine ungleiche Abnutzung in den Lagerstellen und damit ein Ecken des Siebes herbeiführen würde. Der Siebrahmen ist mit vier Schienen in einem gusseisernen Gestelle aufgehängt und an letzterem auch die Kurbelwelle nebst Antriebscheibe durch zwei Lager befestigt.

Das Sieb wird in den Rahmen gelegt und durch vier Daumen festgeklemmt, aber nicht aufgeschraubt, um es schnell und leicht auswechseln zu können. Von den bekannten Siebarten — Drahtgeflecht,

Stangensieb, perforirtes Blech — sind die rundgelochten blanken Eisenbleche vorzuziehen; bei den ersteren wird die Siebfläche niemals vollständig ausgenutzt und sie sind auch weniger haltbar. Die Siebe werden, wenn die Löcher verstopft sind, mit einem Besen schnell gereinigt.

Lorenz empfiehlt sein aus dreikantigen Stahlstäben zusammengesetztes Sieb, die nach Fig. 48 angeordnet sind, so dass die durchfallende Waare nicht eine Fläche streift, sondern nur eine scharfe Kante, worauf der Zwischenraum sich rasch erweitert. Dadurch siebt die Waare leicht und vollständig ab, während nur die wenigen übrig gebliebenen Stücke in das Becherwerk zurückfallen.

Fig. 48.



Die Siebfläche nimmt man gewöhnlich 1000 × 3000 mm gross und lässt das Sieb schnell vibriren, mit etwa 100 Touren in der Minute. Unter dem Siebe lassen sich Sacktrichter an das Gestell anschrauben.

Sobald man den Riemen, welcher von der Antriebsscheibe auf der Haupttransmission kommt, auf die Festscheibe des Vorgeleges überleitet, beginnen alle drei Maschinen: Becherwerk, Desintegrator und Sieb, gleichzeitig ihre gemeinschaftliche Arbeit; alle arbeitenden Theile der Einrichtung sind leicht zugänglich und zu übersehen. Man stellt je nach der Grösse der Einrichtung und Qualität der Waare in zehn Arbeitsstunden vier bis acht Doppelwaggons fertig.

Zur Bedienung einer solchen Anlage sind fünf Arbeiter nöthig: zwei fahren das Material an, einer bedient die Anlage und die beiden letzten fahren die fertige Waare ab. Die Tourenzahl des Desintegrators, der in Grössen von 1000, 1500 und 2000 mm Durchmesser geliefert wird, muss je nach der Beschaffenheit der Waare vergrössert oder vermindert werden können; über 400 Touren in der Minute geht man jedoch nicht hinaus.

Zwecks Reinigung des Desintegrators werden die Trommeln mittelst Handrad und Schraube aus einander gezogen, wodurch die einzelnen Stäbe freigelegt und von den fest anhaftenden Krusten mittelst langer Meissel befreit werden können.

Um während der kurzen Versandzeit in unserem Betriebe recht leistungsfähig zu sein, sind für die angenommene Production zwei Desintegratoren aufzustellen.

Je nach der verlangten Körnung des Superphosphats ist die Lochweite zu nehmen; ein Loch von 3 mm Durchmesser, bezw. ein Abstand der Siebstäbe von einander um 3 mm, giebt eine fast allgemein beliebte Feinheit. Ueber die Wirkung von fein- und grobkörnigem Superphosphat auf dem Felde siebe P. Wagner in „Einige praktisch wichtige Düngungsfragen“, Berlin 1886, S. 84. Natürlich hat der Feinheitsgrad seine Grenzen. M. Ullmann [11]) hat gefunden, dass das Verhältniss der Ausnutzung trockenen feinen Superphosphats zu grobkörnigem, feuchtem sich verhält wie 5:4, d. h. dass mit 4 Thln. Waare von guter Beschaffen-

heit dasselbe erreicht wird, als mit 5 Thln. schlechtem Superphosphat bei gleichem Procentgehalt.

Superphosphat mit dem Prädicat „versandfähig“ muss gleichmässig feinkörnig, also frei von Knollen sein und darf weder stauben, also nicht mehlig sein, noch schmieren, wenn man es zwischen den Fingern zerreibt. Es soll mit den Düngerstreumaschinen gut ausstreubar sein und die Säcke bei zwei Monate langem Lagern nicht anfressen; nur Superphosphat mit über 5 Proc. freier Phosphorsäure wirkt auf die Emballage ätzend ein.

Wird das Superphosphat gesackt, so wiegt man die Säcke sogleich am Siebe ab, stellt sie aber offen im Verladeraume auf, wenn sie genäht werden sollen; ebenso macht man es beim Sacken vom Lager. Als Verpackung des Superphosphats oder seiner Mischung nimmt man meistens 75 kg fassende Säcke, da diese noch bequem zu transportiren sind. Am billigsten wird natürlich 100 kg-Packung; kostet der 50 kg-Sack 24 Pfg., so ist der Preis des 75 kg-Sackes 30 Pfg. und der des 100 kg-Sackes 34 Pfg.; die Preise richten sich nach dem Jutemarkte und wie die Gewichte nach der Art und Stärke der Säcke. Folgende Maasse geben gefällige Formen: 50 kg-Sack = 50 × 93 cm; 75 kg-Sack = 56 × 105 cm; 100 kg-Sack = 63 × 112 cm. Je nach dem Volumen der Waare werden die Säcke entweder gebunden oder genäht. Von den in den Düngerfabriken Verwendung findenden Hessian- und Baggingssäcken werden meistens die ersteren, weil leichter, vorgezogen. Das Gewicht berechnet sich z. B. für einen fertigen Hessian-75 kg-Sack bei $11^1/_2$ oz wie folgt zu 444 g Stoffverbrauch: (56 × 2) + 2 = 114 cm aus doppelter Breite; 105 + 6 = 111 cm Schnittlänge = 1,265 qm. 1 qm von $11^1/_2$ oz wiegt nach Tabelle S. 178 351 g, mithin obiger Sack 1,265 qm × 351 g = 444 g.

Das Markiren der Säcke geschieht mittelst Schablone und Pinsel oder durch maschinelle Stempel-Druckvorrichtung und bedient man sich als Farbe einer Mischung von Ultramarin oder Kohlenschwärze mit Leinöl (s. S. 83).

Zum Abwiegen der fertigen Waare vom Lager benutzt man fahrbare Sackwagen.

Die Mischungen

von Superphosphat mit stickstoff- und kalihaltigen Nährstoffen werden in den verschiedensten Verhältnissen vorgenommen und unterscheidet man Salpeter-, Ammoniak- und Kalisuperphosphate, letztere auch mit Stickstoff. Ausser genanntem Stickstoffmaterial kommen in bestimmten Fällen noch Horn-, Blut-, Fleischmehl u. dergl. zur Verwendung.

Man kann die Mischungen auf trockenem und bis auf die Salpetermischung auch auf nassem Wege herstellen. Früher erfolgte das Mischen durch einfaches Umschaufeln der erforderlichen, mittelst etwa 100 kg

Waare fassender hölzerner Tragkasten oder aus Säcken abwechselnd zu Haufen von 2500 kg zusammengetragenen, abgewogenen Materialien, welche Arbeit mit vielen Unannehmlichkeiten, wie Stäuben, Materialverlust, grossem Arbeitsaufwand, verbunden war. Jetzt mischt man nur allein durch Schleudern in Desintegratoren oder benutzt zum Mischen der bereits feinen Waaren besondere Mischmaschinen.

Die Mischung muss durchaus gleichmässig sein — man darf die Salztheilchen nicht leicht erkennen können —, damit eine gleichmässige Vertheilung der verschiedenen Nährstoffe im Boden stattfindet und ferner eine zwecks chemischer Untersuchung genommene Probe die ganze Mischung repräsentirt. Zur Erzielung einer solchen Gleichmässigkeit mischt man jetzt beim Aufschluss schwefelsaures Ammoniak hinzu, d. h. man löst dieses Salz in der Säure und schliesst hiermit auf; die Kalisalze werden ebenfalls dem Superphosphat trocken oder besser auch in Lösung beigemischt. Die Säure verliert dadurch nichts von ihrer Einwirkungskraft auf das Phosphat, was längst bekannt, wie man früher auch schon Haare und Wollabfälle in der Säure löste. Bei der Lösung von diesem organischen Stickstoffmaterial in Schwefelsäure tritt freilich insofern eine Veränderung der letzteren ein, als sie die organische Substanz unter Abscheidung eines kohlehaltigen Körpers und unter Bildung von Wasser zersetzt, welches letztere von der Säure aufgenommen wird und diese somit verdünnt. Bei Erhitzung findet auch Schwefelsäureverlust durch Schwefligsäurebildung statt. Die Löslichkeit von Horn, Wolle und Haar betr., so ist diese in salpetersäurehaltiger Schwefelsäure grösser und intensiver, als in Schwefelsäure allein; man nimmt auf ein Theil dieser Materialien zwei Theile 106 bis 142° Säure und, falls man nicht über nitrose Schwefelsäure verfügt, 2 Proc. Salpeter hinzu.

Nach Vogel*) löst 1 Liter 142° Säure 370 g schwefelsaures Ammoniak und 102 g Kainit, 1 Liter 106° Säure 297 g schwefelsaures Ammoniak und 70 g Kainit. Chlorkalium wird in der Wärme von 142° Säure zersetzt.

Salpeter mischt man dem Superphosphat nur trocken zu, da beim Lösen in Säure in Folge der beim Aufschluss entstehenden Wärme Salpetersäureverluste entstehen.

1. Der Chilisalpeter**),

das bedeutendste Stickstoffmaterial, ist von allen Stickstoffdüngern der leichtlöslichste und sicherst wirkende, enthält 15 bis 16 Proc. Stickstoff und kommt in grossen Originalballen von ungleichem Gewicht, durchschnittlich 125 kg schwer, in den Handel. Die Säcke werden bei langem Lagern mürbe und zerreissen; beim Entleeren bleibt stets von dem immer feuchten Salze etwas an den Wänden kleben, wodurch nicht nur Ver-

*) Deutsche Landw. Ges. 1892, St. 10.
**) Der Chilisalpeter von Dr. A. Stutzer, Berlin 1886.

lust entsteht, sondern auch die Säcke unbrauchbar und ferner feuergefährlich gemacht werden. Man laugt sie, wie es auch mit den Ammoniaksäcken geschieht, mit heissem Wasser aus und verwendet die Flüssigkeit zur Herstellung von Superphosphat für Salpetermischungen. Seine Zerfliesslichkeit rührt von beigemengtem salpetersauren Kali, Chlormagnesium oder Chlorcalcium her, wodurch Verluste durch Abtropfen von gelöstem Salpeter eintreten können; deswegen lagert man die Säcke auf einer handhohen Gyps- oder Torfschicht, die das Ablaufende aufsaugt. Am zweckmässigsten ist es jedoch, den Salpeter nach Ankunft sofort auszuschütten, zu trocknen und zu zerkleinern; er hält sich in diesem Zustande lange trocken. Zur groben Zerkleinerung wird die Vonhof'sche Walzenmühle, von Landwirthen vielfach benutzt (D. R.-P. Nr. 64388), neuerdings in Anwendung gebracht. Eine kreisende Trommel ist mit Schlagleisten versehen, deren Stifte unter einander und gegen die Stifte der festen Schlagleiste in solcher Weise versetzt sind, dass sie bei der Arbeit abwechselnd links- und rechtsseitige Scheerenausschnitte vollziehen, so dass also die Stifte in einer Reihe um mehr als die dreifache Dicke eines Stiftes von einander abstehen.

Ferner sind noch Salpetermühlen von C. Weber & Cie., Artern, und von Hümpfner & Cie., Frankfurt a. M., im Gebrauch.

Soll der Salpeter als feines Mehl verwandt werden, so zerkleinert man ihn in getrocknetem Zustande im Desintegrator.

2. Das schwefelsaure Ammoniak,

im Betriebe kurz Ammoniak genannt, enthält als Handelswaare rund 20 Proc. Stickstoff; garantirt werden mindestens 24 Proc. Ammoniak (NH_3), jedoch kommen häufig Waaren mit $24^1/_2$ bis 25 Proc. Ammoniak auf den Markt. Seine Farbe ist bei völliger Reinheit weiss, gewöhnlich enthält es aber noch Spuren von Theer oder dessen Zersetzungsproducten und zeigt dann alle möglichen Farben. Ein Gehalt von 1 Proc. Rhodanammon ist nach Maercker den Pflanzen schädlich und wird solches unreine Ammoniaksalz nicht verwandt. Rhodanverbindungen sind nach dem D. R.-P. Nr. 73560 zu zerstören.

Schwefelsaures Ammoniak ist ein langsam wirkender Dünger, da das im Boden in Folge Zersetzung durch Kalk entstandene Ammoniak in Salpetersäure übergeführt werden muss, was bei Gegenwart von organischer Substanz, Feuchtigkeit und Wärme durch mikroskopisch kleine Organismen erfolgt.

3. Blutmehl,

mit 11 bis 14 Proc. Stickstoff und bis 1 Proc. Phosphorsäure, sowie bis 1 Proc. Kali, verlangt zur Mischung trockenes Superphosphat. Es wird theils als solches, theils als Blutkuchen bezogen, die man selbst mahlt.

4. Hornmehl,

10 bis 15 Proc. Stickstoff und bis 6 Proc. Phosphorsäure enthaltend, macht feuchtes Superphosphat beim Lagern trocken. Ihres Phosphorsäuregehaltes wegen verwendet man letztere beiden Mehle, hauptsächlich das Hornmehl, nur zu den Knochenmehlsuperphosphaten, die man unvollständig als sogenanntes Halbfabrikat aufschliesst. Ist die Menge des Hornmehlzusatzes nicht zu gross, so schliesst man dieses mit dem Knochenmehl oder sonstigem Phosphat gemischt auf, wobei die Hornmehlphosphorsäure nicht verloren geht, andernfalls mischt man trocken hinzu.

5. Die Kalisalze*)

ballen in Folge Anziehung von Feuchtigkeit sehr leicht zusammen und werden fest. Ein Torfmehlzusatz von $2^1/_2$ Proc. wirkt nach Fleischer's Vorschlage dem Festwerden etwas entgegen und man kann dieses Gemisch längere Zeit ohne Gefahr lagern lassen. Die Salze des Handels sind im Gegensatz zum Kainit, der als Naturproduct gewonnen wird, Fabrikate von verschiedener Zusammensetzung; man unterscheidet:

1. Rohe Kalisalze: Kainit mit min. 12,4 Proc. K_2O = 23 Proc. K_2SO_4. Karnallit, sehr hygroskopisch, mit 15 bis 16 Proc. KCl = 9 Proc. K_2O; sein Zersetzungsproduct ist der Sylvinit, welcher neben NaCl 22 bis 30 Proc. KCl und 4 bis 12 Proc. K_2SO_4 enthält.

2. Fabrikproducte, gereinigte Salze: Chlorkalium mit 70 bis 98 Proc. KCl; schwefelsaures Kali mit 90 bis 96 Proc. K_2SO_4 und schwefelsaure Kalimagnesia:

a) calcinirt mit min. 48 Proc. K_2SO_4 und max. $2^1/_2$ Proc. Cl;
b) krystallisirt mit min. 40 Proc. K_2SO_4 und max. 1 Proc. Cl.

Calcinirte Düngesalze: a) mit min. $21^1/_2$ Proc. K_2O, b) mit 27 Proc., c) mit $31^1/_2$ Proc. und d) mit $37^3/_4$ Proc. K_2O.

1 kg K_2O kostet ab Stassfurt im Karnallit etwa 10 Pfg., im Kainit 12 Pfg., im Chlorkalium 29 Pfg., in schwefelsaurer Kalimagnesia 32 Pfg. und im schwefelsauren Kali 35 Pfg.

Besondere Schwierigkeiten bieten feuchte Superphosphate bei ihren Mischungen mit schwefelsaurem Ammoniak oder Salpeter; entweder muss das eine oder andere Material künstlich getrocknet werden. Auch trockene Superphosphate zeigen sich in der Mischung mit schwefelsaurem Ammoniak verschieden; so verträgt trockenes Sommesuperphosphat z. B. nur 10 Proc. davon, ein Mehr macht die Waare feucht, auch wenn das

---

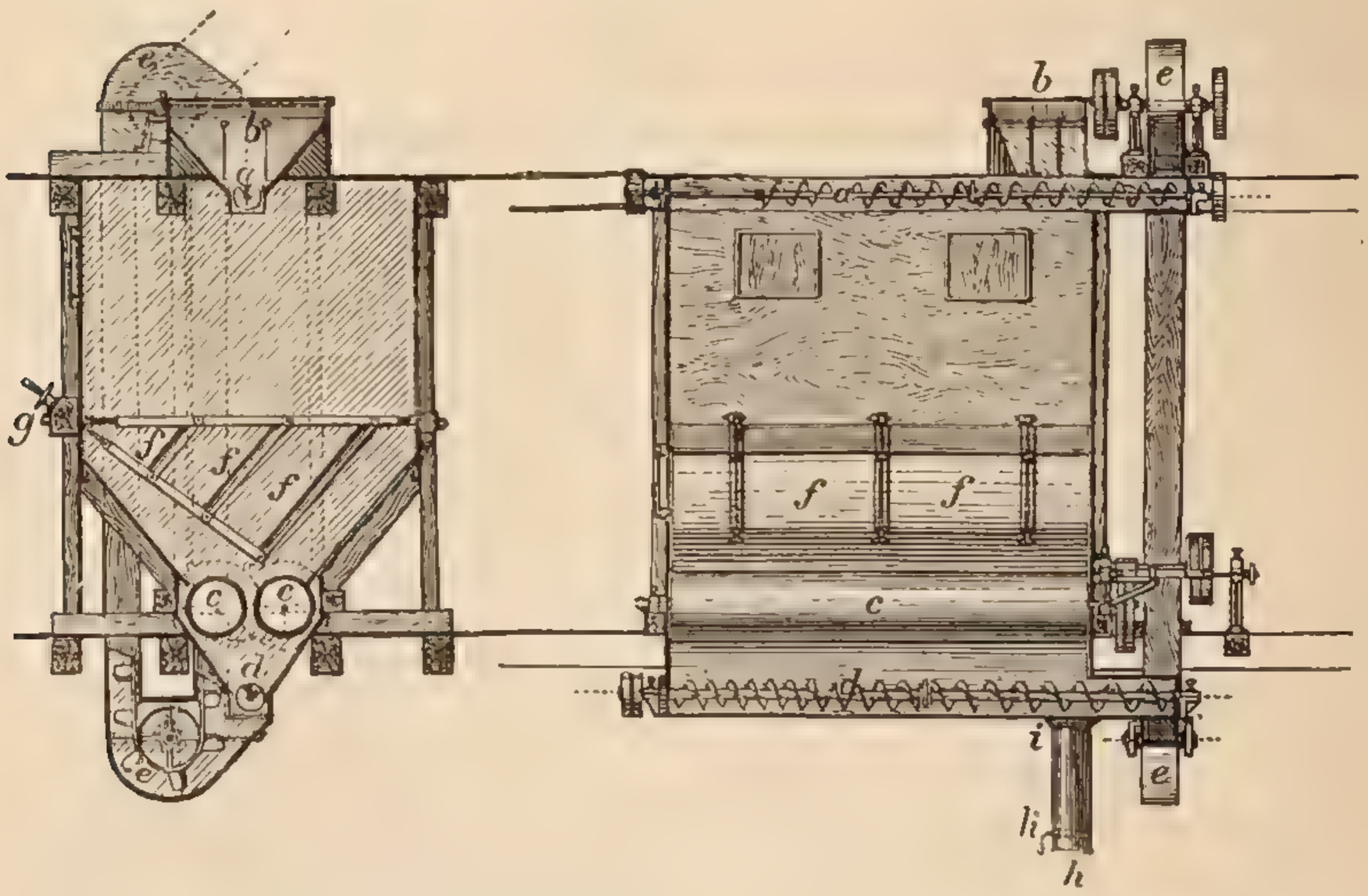
*) Die Kalidüngung von Dr. M. Maercker, Berlin 1892; Handbuch der Kaliindustrie von Dr. E. Pfeiffer, Braunschweig 1887; Praktische Düngetafeln von E. Lierke, Berlin 1887.

schwefelsaure Ammoniak getrocknet war. Knochenkohlensuperphosphat dagegen bleibt mit über 20 Proc. schwefelsaurem Ammoniak dauernd trocken.

Die Salpetermischungen betr., so treten beim Lagern derselben im Allgemeinen keine Stickstoffverluste ein; nur bei organische Substanz enthaltenden Salpetersuperphosphaten und bei feuchter Waare mit freier Säure entwickelt sich Salpetrig- bezw. Salpetersäure, doch ist selten ein grösserer Verlust als $^2/_{10}$ Proc. Stickstoff ermittelt. In Fällen nicht sachgemässer Fabrikation ist ein Auftreten rother salpetriger Dämpfe beobachtet und fand sich im Lager nachher bis $^1/_2$ Proc. Stickstoff zu wenig vor.

Superphosphat und Salpeter sollen zum Zwecke des Zusammenmischens recht trocken, letzterer wasserfrei und nicht zu fein gemahlen

Fig. 49.



sein, wenn die Mischung lange lagern muss, damit sie haltbar bleibt. Das fertige Salpetersuperphosphat darf man natürlich nicht trocknen.

Es sei hier bemerkt, dass man in Salpetermischungen, deren Superphosphat aus Fluss-Carolinaphosphat, welches bekanntlich Schwefelkies enthält, hergestellt war, pyrophorische Erscheinungen beobachtet hat.

Würde es der Preis der Salpetersäure erlauben, so könnte man nach S. 8 trockene Salpetersuperphosphate durch Aufschliessen des Phosphats mit Salpetersäure herstellen, die man nöthigenfalls scharf darren dürfte.

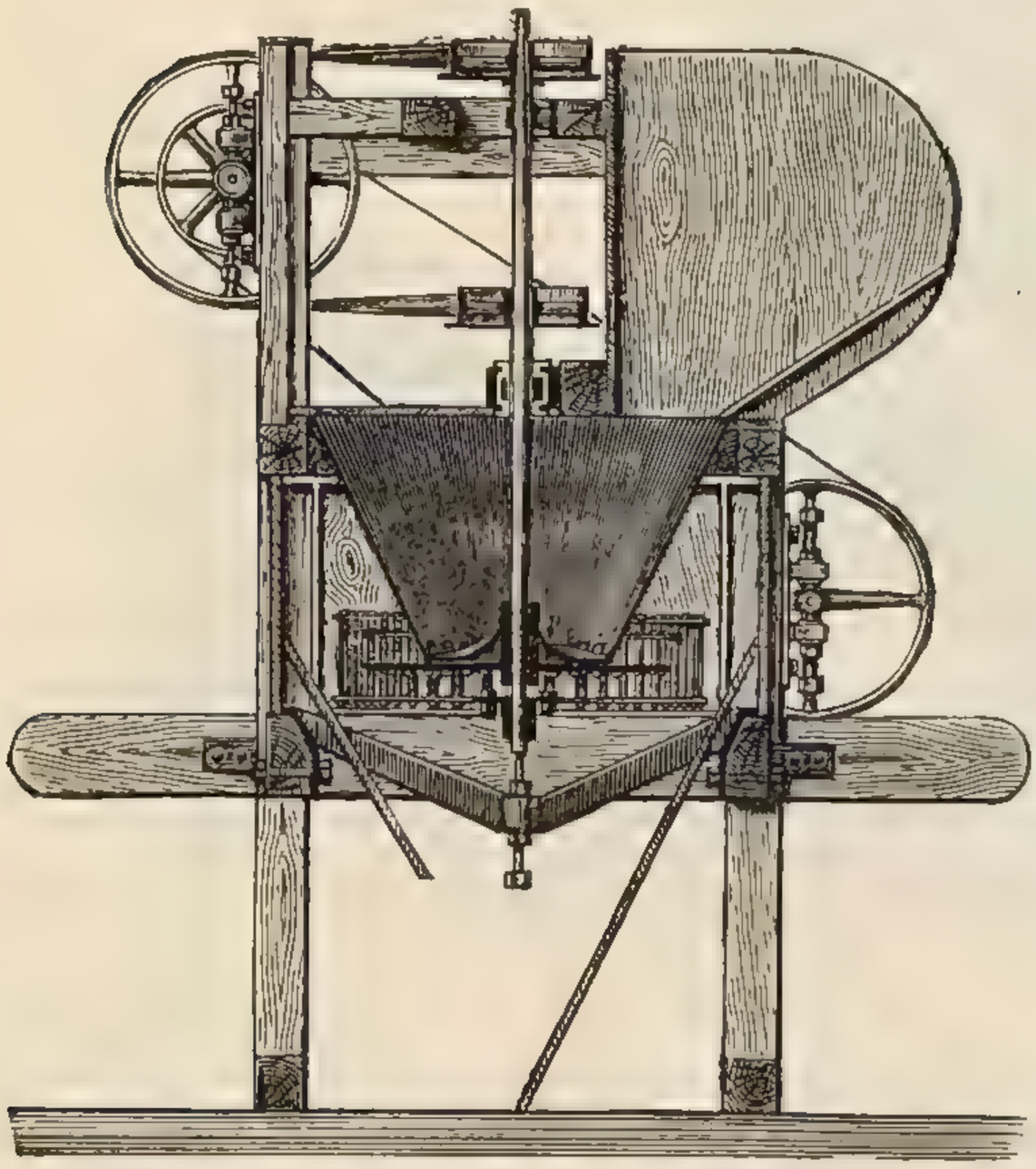
Salpeter- und Kalisuperphosphate, namentlich letztere, werden durch längeres Lagern nach und nach feucht. Dass die Kalisalze, wenn man sie nicht in der Säure lösen will, zwecks Vermischung völlig neutral sein, bei ihrer Fabrikation also vorsichtig getrocknet werden müssen, ist schon S. 14 gezeigt. Der geringprocentige Kainit, den man nur selten zum Vermischen benutzt, enthält kein basisches Salz.

Bei den Herstellungen der Düngermischungen ist Ballast zu vermeiden; man vermische oder verkaufe die Superphosphate, welche schon ohnehin genug davon enthalten, wie sie fallen.

Da in den meisten Fällen der Desintegrator zum Zusammenmischen benutzt wird, erwähne ich nur diejenigen Mischmaschinen, die sich bewährt und Aufnahme gefunden haben.

Die Maschine, System Weber-Zeidler (Fig. 49), D. R.-P. Nr. 38362, mischt selbstthätig, staubfrei, innig und unabhängig vom specifischen Gewicht und von der Feinheit der einzelnen Materialien in beliebiger Reihenfolge. Man wählt ihre Grösse derart, dass in der Stunde etwa 5000 kg gemischt werden können. Die Maschine besteht aus der Mischkammer, in welche die verschiedenen Materialien, die auf einmal gemischt werden sollen, eingebracht werden. An der Decke befindet sich eine Schnecke *a*, am vorderen Ende auf letzterer der Einschütttrichter *b*. Der Abschluss des Behälters nach unten wird durch Walzen *c* bewirkt, unter welchen sich der ganzen Länge nach eine Schnecke *d* mit zunehmendem Fassungsraum befindet, welche in den Rumpf eines Elevators *e* mündet, der die Verbindung zwischen der oberen und unteren Schnecke herstellt. In der Kammer sind über den Walzen Bretter *f*, gegen die Wand schräg stehend, derart aufgehängt und unter einander verbunden, dass sich die Neigung derselben von aussen mittelst eines Handrades *g* beliebig herstellen lässt. Unmittelbar vor dem Elevator ist am Boden der unteren Schnecke ein Sackrohr *h* mit Schieber *i* und Klappe *k* angebracht. Der Einschüttkasten kann jedoch auch unten am Elevator, das Absackrohr oben an dem äusseren Theile der Vertheilungsschnecke angebracht werden, je nachdem es die Verhältnisse des Antriebs erfordern.

Fig. 50.

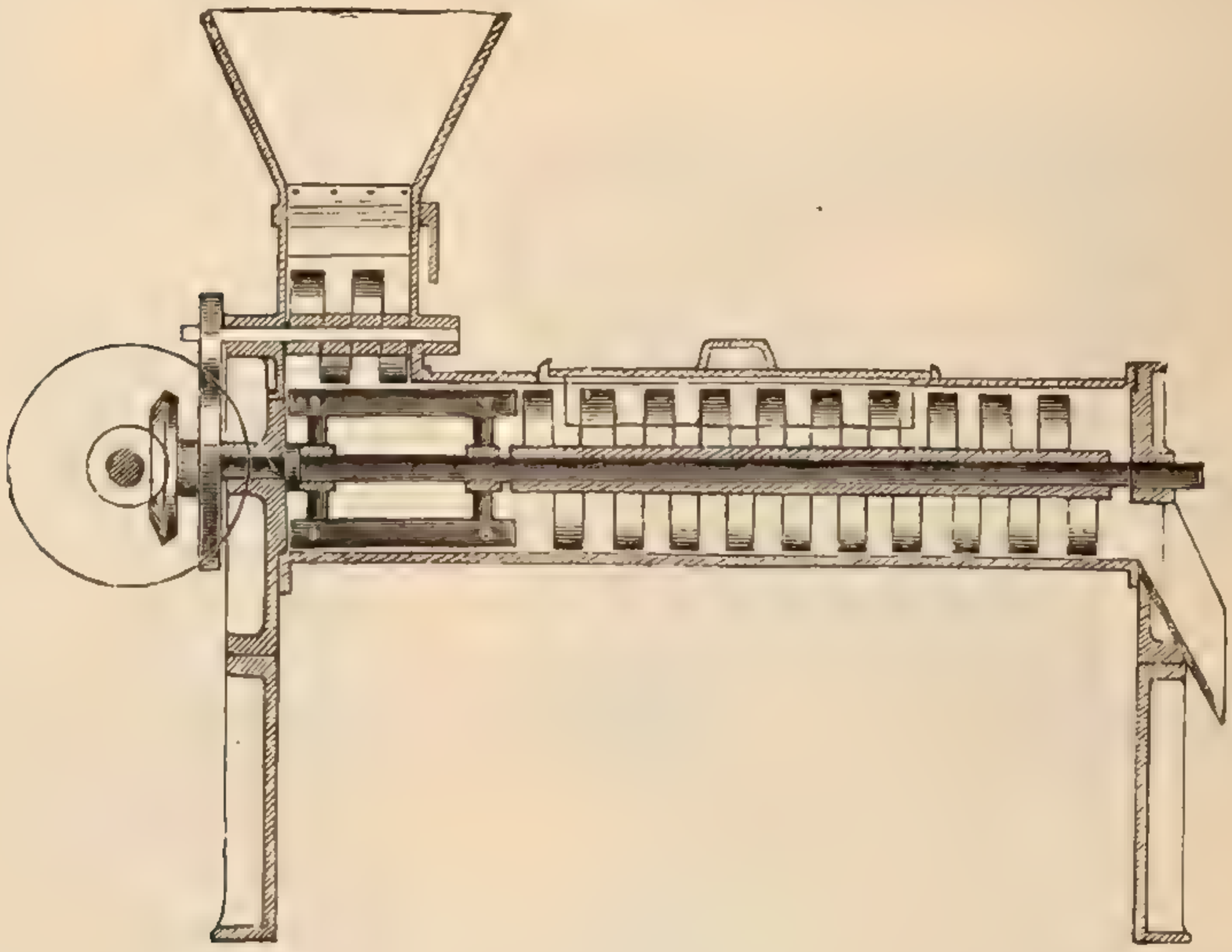


Es sind auch Maschinen mit vier über einander stehenden Walzen gebaut.

Die zu mischenden Materialien werden einzeln durch den Einschütttrichter in die Mischkammer eingebracht; hier fallen sie am Ende des kurzen Schneckenbodens herunter und lagern sich zwischen den schrägen

Flächen bis an die Decke hinauf. Die schrägen Flächen halten den grössten Theil des Druckes auf, wodurch die Walzen entlastet werden. Sind alle zu mischenden Materialien eingebracht, so wird eingerückt; die auf den Walzen lagernden Materialien werden durch den zwischen ihnen bestehenden kleinen Zwischenraum auf der ganzen Länge hindurchgeführt und in die untere Schnecke gestreut. Dadurch kommen aus jedem Theile der Grundfläche in jedem Augenblicke die verschie-

Fig. 51.



denen Theile zusammen, so dass am Ende der Schnecke eine innige Mischung entstanden ist. Alle vorhandenen Klümpchen werden beim Durchgang durch die Walzen zerdrückt.

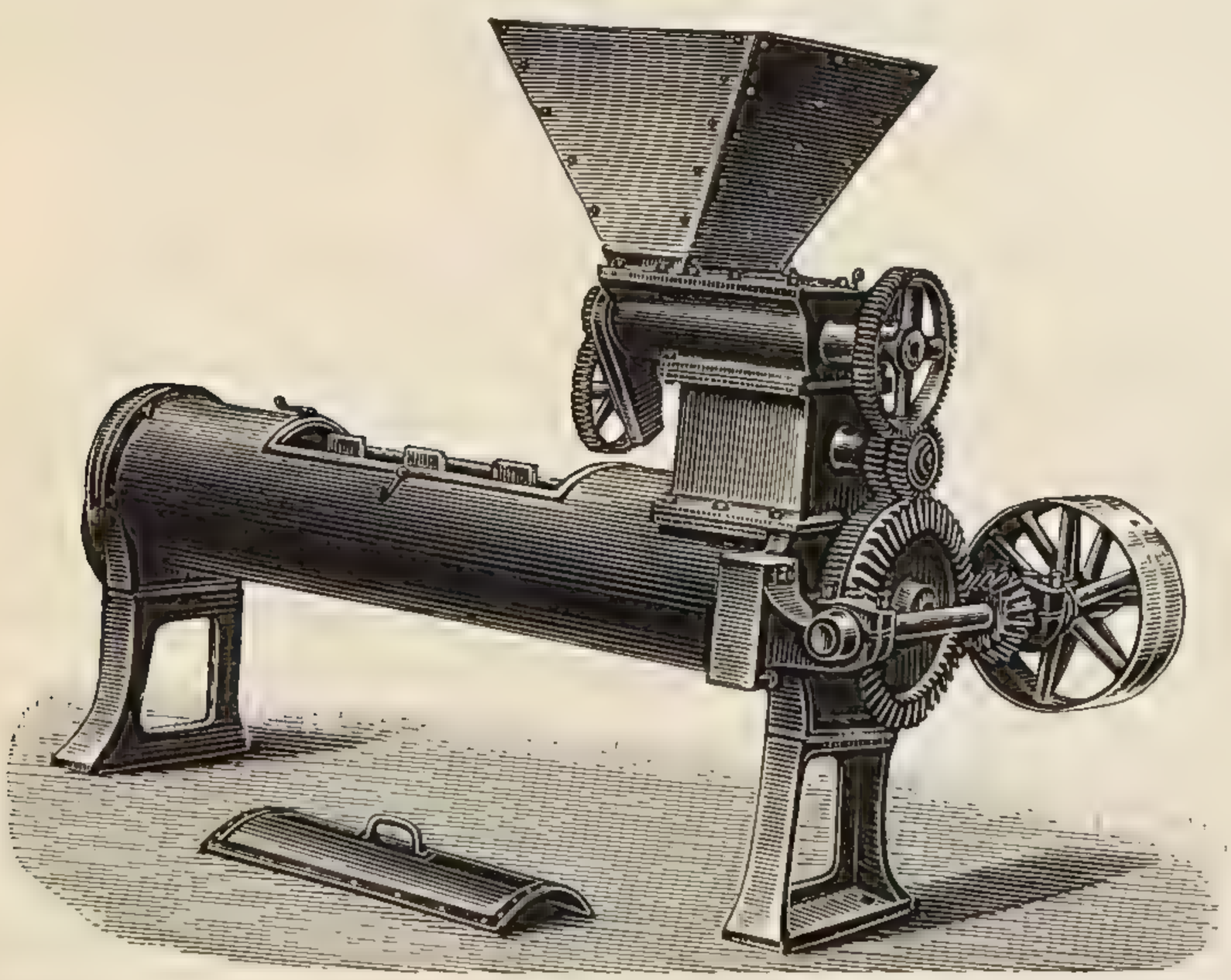
Der Mischprocess, dessen Zeitdauer von dem Verhältniss zwischen Fassungsraum der Kammer und Grösse des Walzenbodens abhängig ist, ergiebt nach zwei- bis dreimaligem Durchgang des Mischgutes ein tadelloses Product. Da der Elevator das Mischgut aus der unteren Schnecke wieder in die obere bringt, so mischt die Maschine selbstthätig ohne Aufsicht so lange, bis der Schieber am Sackrohr gezogen wird und das Absacken beginnt.

Andere praktische Mischmaschinen sind noch von J. Pallenberg, Mannheim (Fig. 50, a. v. S.), Aug. Zemsch, Wiesbaden (mit Präcisionszuführungsvorrichtung, Fig. 51 u. 52) u. A. construirt. Die von Ersterem gebaute Maschine besteht aus einem Einfalltrichter, unter welchem zwei mit Stäben versehene Trommeln, ähnlich wie bei den Desintegratoren, in entgegengesetzter Richtung rotiren. Werden bei dieser Maschine die Materialien gewogen, so werden sie bei den beiden anderen Pallenberg'schen Maschinen abgemessen, und zwar entweder durch

zwei verschieden schnell umlaufende Vertheilungswalzen oder durch vier Trichter, welche verlängert werden können.

Von der Dünger-Abtheilung der Deutschen Landwirthschafts-Gesellschaft sind nachstehende „Gebräuche im Düngerhandel“ be-

Fig. 52.



schlossen, die seit dem 1. Januar 1891 hier und dort eingeführt sind und deshalb hier Erwähnung finden mögen.

A. Verpackung.

Die Säcke, in denen Handelsdünger verkauft wird, haben folgende Bezeichnungen im Aufdruck zu erhalten:

1. Firma des Fabrikanten des Düngers,
2. Name des Düngers,
3. Gehalt des Düngers an Nährstoffen.

Der Name des Fabrikanten und die Angabe des Gehalts an Nährstoffen ist auf eine Seite des Sackes zu drucken, der Name des Düngers kann auf dieselbe oder die andere Seite gedruckt werden.

Für den Namen des Düngers sind ausschliesslich die nachfolgenden Abkürzungen zu verwenden:

Für Ammoniak-Superphosphat	Amm.-Sup.
„ Stickstoffhaltiges Superphosphat . . .	St. Sup.
„ Salpeter-Superphosphat	Chil.-Sup.
„ Ammoniak-Salpeter-Superphosphat . .	Amm.-Chil.-Sup.

Die Nährstoffe sind immer in folgender Reihenfolge und mit folgenden Abkürzungen zu bezeichnen: Für Stickstoff = St., für Phosphorsäure = Ph., für Kali = K.

Der Gehalt an Phosphorsäure wird so bezeichnet, dass die Zahl hinter Ph. den Procentgehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure bezeichnet; falls weitere nicht wasserlösliche Phosphorsäure garantirt wird, so wird der Procentgehalt dieser der ersten Zahl mittelst eines Pluszeichens angefügt, z. B.: Ph. 13 + 2 = 13 Proc. wasserlösliche Phosphorsäure und 2 Proc. nicht wasserlösliche Phosphorsäure.

B. Bestimmungen für die einzelnen Dünger.

a) Bei Superphosphaten ohne weitere Bezeichnung wird nur der Gehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure angegeben; eine Bezeichnung nach dem zur Herstellung des betreffenden Superphosphats verwandten Rohmaterial ist nicht erforderlich.

b) Bei Superphosphaten, welche zum Theil wasserlösliche, zum Theil unlösliche Phosphorsäure enthalten und hiernach bewerthet werden, wird der Gehalt beider Phosphorsäureformen angegeben.

c) Bei Präcipitat ist Angabe der Phosphorsäure nöthig, bei gemahlener Thomasschlacke — Thomasphosphatmehl — der Phosphorsäure- und Feinmehlgehalt anzugeben (siehe hinten).

d) Bei Knochenmehl ist die Angabe der Phosphorsäure und des Stickstoffs, nach Maassgabe der vom Verbande deutscher Versuchsstationen*) für die verschiedenen Knochenmehle gewählten Bezeichnungen „entleimt“ u. s. w. erforderlich.

e) Bei Knochenmehl, Fischguano, Fleischmehl, Peruguano, Fäcalguano, Poudrette, roh oder aufgeschlossen u. dergl. wird der Gehalt an Phosphorsäure und an Stickstoff angegeben.

f) Ammoniak-Superphosphat, aus Superphosphat und reinem schwefelsauren Ammoniak hergestellt, ist mit dem Gehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure und an Stickstoff zu bezeichnen.

g) Bei Stickstoff-Superphosphatmischungen von Superphosphaten mit organischen vollwerthigen (unter Ausschluss von Ledermehl, Wolle und dergl.) stickstoffhaltigen Substanzen, theils für sich, theils im Gemisch mit schwefelsaurem Ammoniak, wird der Gehalt an Gesammtstickstoff, sowie annähernd das Verhältniss vom organischen zum Ammoniakstickstoff angegeben.

h) Bei Salpeter-Superphosphaten wird der Gehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure und Stickstoff angegeben.

i) Bei Salpeter-Ammoniak-Superphosphaten ist der Gehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure, Salpeter- und Ammoniak-Stickstoff anzugeben.

---

*) Landwirthsch. Versuchsstation 38, S. 81.

k) Chilisalpeter und schwefelsaures Ammoniak, sowie sie in Originalverpackung geliefert werden, unterliegen keiner Bezeichnung, dagegen haben die Säcke, sobald deren Inhalt auf irgend eine Weise zubereitet ist, ausser der allgemeinen noch obige Bezeichnung und Minimalgewähr an Stickstoff zu tragen.

l) Blutmehl, Hornmehl und andere stickstoffhaltige Düngemittel haben ihren Namen und ihren Stickstoffgehalt zu tragen.

m) Bei kalihaltigen Mischungen ist neben dem Gehalt an sonstigen werthbestimmenden Bestandtheilen der Kaligehalt aufzuführen.

C. Probenahme.

Die Probenahme, die wichtigste Basis für die Richtigkeit der Analyse, hat von dem Empfänger oder dessen Beauftragten an der Bahnstation oder innerhalb zweier Tage nach Eintreffen am Empfangsorte entweder in Beisein eines Vertreters des Lieferanten oder unter Mitwirkung einer unparteiischen, mit diesen Bedingungen bekannt zu machenden Persönlichkeit nach folgendem Verfahren zu geschehen:

„Von jedem Quantum unter 10 000 kg sind aus dem Inneren eines jeden auf dem Transport nicht beschädigten fünften, bei 10 000 kg und darüber aus jedem zehnten Sacke Muster zu nehmen. Die so gewonnenen Muster jeder Partie sind auf trockener reiner Unterlage innig mit einander zu mischen — nicht zu zerkleinern — und aus dieser Mischung drei gleiche Durchschnittsmuster von je etwa $^1/_2$ kg zu bilden, diese in Glas- und Thongefässe*) zu verpacken, luftdicht zu verschliessen, gemeinschaftlich zu versiegeln und mit Inhaltsangabe zu versehen. Es ist ein Probenahmeattest, in welchem Fabrikant, Marke, Sackzahl, Gewicht und Gehaltsgarantie anzugeben, auszufertigen und gemeinschaftlich zu unterschreiben. In Streitfällen haben nur solche Proben Gültigkeit, bei welchen die Aufnahme dieses Attestes erfolgte.“

Nur bei sorgfältiger Beachtung dieser Vorschriften kann der Verkäufer zu einer Vergütung für Untergehalt verpflichtet werden.

Bei dieser Gelegenheit soll die Bemusterung der Rohphosphate beschrieben werden.

Von jeder Ladung werden durch Verkäufer und Käufer bezw. deren Vertreter gemeinschaftlich Proben genommen, etwa 2 Proc. Diese Probe wird bei grobem Material auf dem Brecher gebrochen und die Hälfte hiervon gemahlen; von beiden Proben werden wieder Muster gezogen und in Gläsern versiegelt, wovon je eins an einen Chemiker für Käufers Rechnung und je eins an einen anderen Chemiker für Verkäufers Rechnung gesandt wird. Nach dem Durchschnittsbefunde der beiden Analysen wird die Ladung regulirt. Differiren die beiden Analysen über Latitüde, d. h. über 2 Proc. phosphorsauren Kalk, so wird von den restirenden Proben je ein Muster an einen dritten Chemiker

*) Nicht in Blechschachteln. Holzkisten und Probestecher versendet Jul. Schäfer, Bonn, Weberstr. 53b.

gesandt und der Durchschnitt der beiden Analysen, die sich im Gehalt am nächsten stehen, dient zur Berechnung. Die Kosten der dritten Analyse gehen zur Hälfte.

Die gebrochene Probe wird auf Wasser untersucht, die gemahlene auf phosphorsauren Kalk auf Eisenoxyd und Thonerde*), doch findet eine Umrechnung dieser Gehalte bei 0 Proc. Wasser statt, wozu alsdann berechnet wird, dahingegen wird der ermittelte Wassergehalt vom Gewicht der Ladung abgezogen.

Von Wasser beschädigte Waare wird separat bemustert, sonst aber ebenso wie die gesunde behandelt. Alle gefundene Phosphorsäure wird auf dreibasisch phosphorsauren Kalk umgerechnet, gleichviel ob ein Theil derselben an Sesquioxyde, an Magnesia u. s. w. gebunden oder als zweibasisches Salz vorhanden ist oder nicht.

Bei der Probenahme aus Säcken ist von allen Stellen derselben zu nehmen; bei feinem trockenen Material, wie bei Somme- und belgischen Phosphaten, wie auch bei Horn- und Blutmehl u. s. w., bedient man sich eines Probeziehers, am besten des Warth'schen, der aus der ganzen Tiefe des Sackes von allen von ihm berührten Stellen holt. Ammoniak, Salpeter und Kalisalze bemustert man einfach mit der Hand.

Die Operation des Probeziehens wiederholt man so oft, als es zur Erlangung einer Durchschnittsprobe nöthig erscheint; je grösser das Quantum, je grobkörniger oder je ungleichmässiger gemischt, um so mehr Proben sind zu ziehen und um so gleichmässiger sind die Probenahmestellen auf das Ganze zu vertheilen.

Das zur Untersuchung einzusendende Quantum muss bei ungleichmässigen groben Proben mindestens 500 g, bei gleichmässigen feinen mindestens 250 g betragen.

Beim Einkauf der Rohmaterialien ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass der Landmann im Frühjahr im Allgemeinen leicht lösliche Dünger verlangt: Superphosphate und hochprocentige Ammoniak- und Salpetersuperphosphate, im Herbste dagegen schwerer lösliche: geringprocentige Ammoniaksuperphosphate, Superphosphate mit Blut- und Hornmehl u. dgl.

Der Werth der Superphosphate und deren Mischungen wird nach den Gehalten an löslicher Phosphorsäure, an Stickstoff und Kali festgesetzt und bezieht man dieselben auf den Originalzustand.

Der Preis der Phosphorsäure ist fortwährend heruntergegangen; es kostete in den sechziger Jahren das Kilogramm lösliche Phosphorsäure 84 Pfg., dann fiel der Preis nach und nach auf 70, 60 und 50 Pfg. bis auf 40 Pfg., wie heute, jedoch ist ein weiterer Rückgang nicht mehr zu erwarten. Vogel**) hat eine Tabelle berechnet, die den Preis für 1 kg Phosphorsäure im Superphosphat, Thomasphosphatmehl u. s. w. für die

*) Die Analysenabweichungen sind für phosphorsauren Kalk auf 1 Proc., für die Sesquioxyde auf $^1/_2$ Proc. festgesetzt.

**) Deutsche Landw. Ges. 1893, S. 17.

wichtigsten Eisenbahnstationen angiebt und hauptsächlich für den Landwirth von Interesse ist.

Bei dem Preise von 40 Pfg. für die lösliche Phosphorsäure hat die citrat- (boden-) lösliche nach P. Wagner, der das Verhältniss der beiden Phosphorsäuren als 100 : 70 bestimmte, einen Werth von 28 Pfg., während die nicht löslich gemachte, weil als werthlos betrachtet, bekanntlich nicht bezahlt wird.

Die Phosphorsäure des halbsauren phosphorsauren Kalkes und die zurückgegangene haben jedoch in Folge der verschiedenen Basen nicht denselben Werth; ist die Löslichkeit der Phosphorsäure des Kalksalzes = 100, so stellt sich die der zurückgegangenen auf 70.

In Frankreich und Belgien rechnet man auf Vorschlag Petermann's die wasser- und citratlösliche Phosphorsäure fast gleich hoch, und es bilden auf diesen Märkten 100 kg die Einheit; die Einheit wasserlösliche Phosphorsäure gilt 0,05 Franc mehr. Auch in den Rheinlanden und theilweise in Süddeutschland werden ähnliche Superphosphate, z. B. mit 10 Proc. wasserlöslicher, 12 Proc. citratlöslicher und 14 Proc. Gesammtphosphorsäure in den Handel gebracht; selbstverständlich verlangt man, dass ersterer Gehalt am Sacke kenntlich gemacht wird (siehe S. 84).

Als Latitüden — Abweichung vom garantirten Gehalte — gelten bei uns für lösliche Phosphorsäure und Kali 0,5 Proc., für Stickstoff 0,25 Proc., ohne dass der Käufer hierfür eine Entschädigung zu beanspruchen hat; das Mehr bei einem Nährstoff wird gegen das Weniger eines anderen in Gegenrechnung gebracht, jedoch wird meistens bestimmt, dass das Mehr nicht höher als 1 Proc. berechnet wird. Uebersteigt der Mindergehalt obige Zahlen, so ist der volle Fehlbetrag zu vergüten.

Die Engländer geben anstatt löslicher Phosphorsäure sauren phosphorsauren Kalk und statt Stickstoff Ammoniak an.

Anlage und Einrichtung der Fabrik*).

Die Haupterfordernisse zum Gedeihen der Superphosphatfabrik sind ausser der Beachtung der Bestimmungen der Gewerbe- und Bauordnung, sowie der Transport-, Verkehrs- und mercantilen Verhältnisse rationelle übersichtliche Anlage und zweckmässige Einrichtung.

Auf die Auswahl der Maschinen, Apparate und Utensilien ist besonderer Werth zu legen; erstere müssen gut functioniren und wie die letzteren in gutem Zustande erhalten werden. Die Bewegung der Waaren soll in der kürzesten Zeit mit dem geringsten Kostenaufwande erfolgen; es ist deshalb unerlässlich, die Maschinen und Apparate in der zweckmässigsten Weise aufzustellen.

Als Dampfkessel werden im Allgemeinen die Cornwall-Kessel (Flammrohrkessel) vorgezogen, weil sie für zeitweisen Betrieb und zeit-

*) Anlage und Einrichtung von Fabriken von W. Rebber, Weimar 1888.

weisen grossen Dampfverbrauch am besten geeignet sind. Die Röhrenkessel, für welche man nur sehr weiches Wasser verwenden kann, erfordern bezügl. der Rohre viel Reparatur und werden jetzt wohl nur noch dort aufgestellt, wo Platzmangel herrscht. Sie geben auch nassen Dampf, der sich im Dampfmaschinencylinder verdichtet und Störungen veranlassen kann. Man rechnet auf eine Pferdekraft der Dampfmaschine 1 bis 2 qm Heizfläche; arbeitet man mit hohem Dampfdruck, so genügt 1 qm, jedoch wird grössere Heizfläche und geringerer Druck vorgezogen. 1 kg Steinkohle mittlerer Qualität verdampft etwa 7 kg Wasser auf 0,4 qm Heizfläche, oder es werden auf 1 qm Heizfläche $17^1/_2$ kg Wasser durch 2,5 kg Steinkohlen verdampft.

Die Dampfmaschine soll mindestens 50 Pferde stark sein; welcher Art, hängt von der Trockenanlage ab (siehe S. 67). Diese Maschine und noch mehr der Dampfkessel sollen schon bei der ersten Anlage der Fabrik für eine grössere Leistungsfähigkeit eingerichtet werden, als sie anfangs gefordert wird; muss der Betrieb später vergrössert werden, so kann dies mit verhältnissmässig geringen Kosten geschehen. Kessel und Dampfmaschine sind soviel als möglich in der Mitte der ganzen Fabrikanlage, aber in getrennten Räumen aufzustellen, um kurze Dampfleitungen und Transmissionen zu haben. Als Lagerschalen benutze man die von E. Warth (D. R.-P. Nr. 33696) mit Circulationsschmierung, welche trotz continuirlichen Schmierens wenig Oel verbrauchen und niemals warm laufen.

Eine gute Wartung*) des Kessels der Maschinen und sorgfältige Schmierung**) der Lager ist Hauptbedingung für regelmässigen Betrieb, und es mag hier noch erwähnt sein, dass man beim Schmieren im Oel nicht wechseln soll; hat man ein solches ausprobirt und für gut befunden, so bleibe man bei der Sorte.

Zur Schonung von gekreuzten Riemen wird — aber nur bei leichtem Betriebe — Grosswendt's Riemenschoner (D. R.-P. Nr. 28085) angewandt; derselbe besteht aus einer Rolle, deren Endzapfen in seitlich auf zwei Gleitschienen beweglichen, durch Verbindungsstangen mit einander verbundenen Lagern ruhen.

An dem Phosphatlager, welches sich selbstverständlich unter Dach und Fach befinden muss, sind der Brecher bezw. die Walzenmühle und der Müllereibetrieb mit den Siebvorrichtungen aufzustellen, und zwar in einem besonderen geschlossenen Raume, damit die Maschinentheile nicht von den aus dem Superphosphatlager aufsteigenden sauren Gasen angefressen werden.

Die Aufschliessmaschine muss solche Lage haben, dass sich in ihrer unmittelbaren Nähe das Lager des gemahlenen Rohmaterials befindet. Ferner soll der Lagerraum des Rohsuperphosphats schnell zu erreichen sein.

---

*) Ed. Chateau, Leitfaden für den Heizunterricht, Kaiserslautern 1890.
**) Die Maschinenschmierung von A. Künkler, Mannheim 1893.

Liegen der Keller der Maschine und der Lagerraum tief, so werden die Aufzüge — Doppelfahrstühle — derart angebracht, dass die Kippwagen bequem auf- und abzufahren sind; man muss gleichzeitig das frische Superphosphat aus dem Keller nach oben befördern können, um es eventuell von der Brücke in den grossen Lagerraum auszustürzen, und das abgelagerte aus diesem nach oben zur weiteren Verarbeitung zu fahren im Stande sein. Es wird hierdurch das kostspielige und beschwerliche Aufschaufeln zu 3 bis 4 m hohen Bergen erspart.

Den Superphosphatlagerraum, in der besprochenen Kellerform, baut man aus festen Sandsteinen; die Wände bekommen ein Futter aus harten Backsteinen und der Boden wird mit harten Klinkern belegt. In der Nähe der Aufschliessmaschine führt eine Treppe nach dem Keller derselben hinunter und ist sowohl an der Maschine wie an dem Kellerrande ein sicheres Geländer anzubringen. Ueberhaupt ist auf Anbringung von zweckmässigen Schutzvorrichtungen bei Aufzügen, Schwungrädern, Treibriemen, Riemenscheiben, Antriebsrädern u. s. w. mit Sorgfalt zu sehen und der Zweck derselben den Arbeitern oft zu erklären. — Ist kein Keller als Lagerraum vorhanden, so führt man das Superphosphat über die Binderbalken im Schuppen hinweg, welche Einrichtung aber eine besondere Dachconstruction erfordert.

Die beiden Desintegratoren liegen in der Nähe des Superphosphatlagers, nicht weit vom Verladungsgleise, jedoch vor einem freien Platze, um lagern und trocken mischen zu können.

Der Betrieb aller Maschinen erfolgt durch Vorlegwellen, die von der Haupttransmissionswelle bewegt werden. Die Transmission soll unabhängig vom Bau sein, also nicht an Säulen hängen, sondern in Bodenhöhe auf Fundamenten liegen. Man kann auf diese Weise die Transmission bezw. deren Lager und Verkuppelungen bequem nachsehen und in Ordnung halten, wie auch leicht und gefahrlos gefallene Riemen aufziehen.

Die Trockenanlage baut man ebenfalls am Superphosphatlager.

Da man die Fabrik fast ausnahmslos in der Nähe von Eisenbahnen oder schiffbaren Flüssen anlegt, so ist in beiden Fällen ein Anschlussgleis nöthig, welches man so tief anbringt, dass der Boden des Waggons mit der Fabriksohle in gleicher Höhe liegt; es ist also, von der Schienenschwelle aus gemessen, auf eine Höhe von 1350 mm zu sehen. Das Fabrikdach lässt man, um Waare trocken aus- und einladen zu können, überragen.

In den Fabrikräumen ist ein schmalspuriges Gleis zu legen, und zwar von etwa 200 m Länge mit 65 mm hohen Schienen und 500 mm Spurweite, ferner sind 6 Drehscheiben und 12 Kippwagen mit $^1/_2$ cbm Inhalt erforderlich. Die stets benutzten Gleise werden versenkt festgelegt, während die anderen transportabel bleiben müssen.

Im Superphosphat- und Lagerraume sollen Bretterverschläge leicht anzubringen sein, da man verschiedene Waaren getrennt zu lagern hat.

Das frische Superphosphat ist im Lagerraum pyramidenförmig aufzuschichten, damit in Folge seiner Ausdehnung und des von ihm ausgeübten Druckes die Wandungen nicht eingedrückt werden.

Maschinenräume mit Kessel, Dampfmaschine und Müllerei werden massiv gebaut; die Lagerschuppen dagegen führt man billigst aus Holzfachwerk, das getheert wird, mit Theerpappendach auf. Schieferbedachung ist verhältnissmässig theurer, Ziegeldach noch kostspieliger als Pappendach, da 100 qm zu bedachende Fläche 120 qm Schieferdach (Neigung 1 : $1^1/_2$), $141^1/_2$ qm Ziegeldach (Neigung 1 : 1), dagegen $100^1/_2$ qm Pappendach (Neigung 1 : 10) erfordern. Für die Maschinenräume eignet sich der Sheddachbau*) am besten, um helle Räume zu schaffen; es muss jedoch hierbei für gute Wasserabführung aus den Kandeln Sorge getragen werden.

Was die Höhe der Arbeitsräume anlangt, so ist, da Staub und saure Gase auftreten und Waare oft hoch gelagert werden muss, von vornherein auf eine Höhe von 4 bis 5 m zu halten. Zur Entfernung des Staubes und der Gase bringt man an geeigneten Stellen Luken mit verschliessbaren Klappen oder Abzüge im Dache an, die genügenden Luftwechsel bewirken.

Der Fussboden muss durchaus dauernd trocken sein; er wird für das Phosphatlager und den Lagerraum aus Klinkern gelegt, für das Mahlgutlager mit Eichenbohlen — Buchenholz wird leicht glatt — gedielt.

Die Grundrissform des Fabrikgebäudes richtet sich in erster Linie natürlich nach dem zur Verfügung stehenden Bauplatze, im Allgemeinen hat sich aber mit der Zeit ein gewisses System herausgebildet, wie es oben geschildert ist; Fig. 53 zeigt die Anordnung.

Zur Fabrikation von 5000 Tonnen Superphosphat im Jahre, etwa die Hälfte zu jeder Saison, sind ungefähr 3000 qm Gesammtfläche nöthig:

100	qm	für	das Kesselhaus,
100	„	„	das Kohlenlager,
150	„	„	das Maschinenhaus,
200	„	„	die Müllerei,
600	„	„	das Phosphat- und Mahlgutlager,
100	„	„	den Aufschliessraum,
600	„	„	den Superphosphatlagerraum,
1000	„	„	den Lager-, Misch- und Verladeraum,
200	„	„	die Trockenanlage.

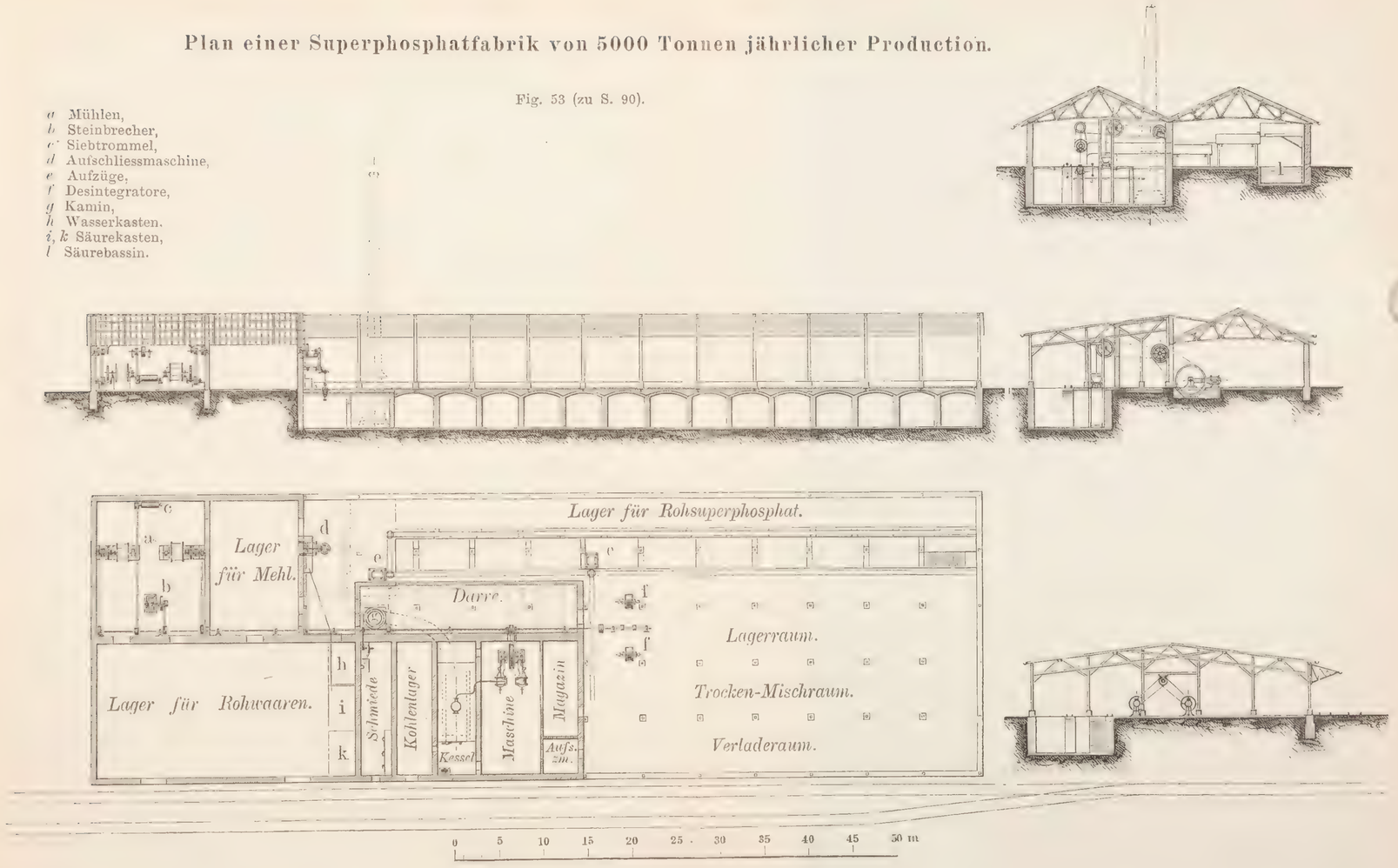
Für Wasser muss genügend gesorgt sein; an Speisewasser gebraucht man in 10 Stunden etwa 10 000 Liter und zum Verdünnen von 142° Säure zu Kammersäure-Concentration zum Aufschliessen von je 10000 kg Phosphat etwa 2000 Liter. Das Speisewasser wird mittelst Injector dem

*) Die Sheddachbauten, Leipzig (Baumgärtner) 1877.

Plan einer Superphosphatfabrik von 5000 Tonnen jährlicher Production.

Fig. 53 (zu S. 90).

a Mühlen,
b Steinbrecher,
c Siebtrommel,
d Aufschliessmaschine,
e Aufzüge,
f Desintegratore,
g Kamin,
h Wasserkasten.
i, k Säurekasten,
l Säurebassin.



Bassin entnommen; zum Heben des Wassers aus dem Bassin in den hochstehenden Wasserbehälter bedient man sich am besten einer doppeltwirkenden Saug- und Druckpumpe mit Riemenbetrieb, die stündlich etwa 3000 Liter wirft.

Der Kohlenverbrauch hängt vom Dampfverbrauch ab. Werden bei vollem Betriebe in 10 Stunden 1500 kg Steinkohlen verfeuert, so vertheilen sich diese für

1 Brecher mit	4	Pfk.	=	136 kg Kohlen
2 Mahlgänge mit je	8	„	=	547 „ „
1 Siebvorrichtung mit	1	„	=	34 „ „
2 Becherwerke mit	1½	„	=	102 „ „
1 Aufschliessmaschine mit . .	4	„	=	136 „ „
2 Desintegratoren mit je . . .	4	„	=	273 „ „
2 Rüttelsiebe mit je	½	„	=	34 „ „
2 Becherwerke mit je	1½	„	=	102 „ „
2 Aufzüge mit je	2	„	=	136 „ „
Summa . .	44	Pfk.	=	1500 kg Kohlen.

Der Kohlenverbrauch für den todten Gang der Dampfmaschine wird hier nicht berücksichtigt und ist in obigen Quanten mit einbegriffen.

Die Kohlen werden unter Notirung des täglichen Verbrauchs zugewogen. Um beurtheilen zu können, ob und auf welche Weise man den Kohlenverbrauch auf das kleinste Quantum beschränken kann, ist die Kenntniss der verbrauchten Speisewassermenge nöthig; es giebt die fortlaufende Aufzeichnung des verdampften Wassers neben der der verbrannten Kohlen ein Mittel, die Verdampfungsfähigkeit des Kessels, den Heizwerth der Kohlen und den jeweiligen Zustand des Kessels und der Dampfmaschine erkennen und überwachen zu können. Als Wassermesser findet man den von Schmid construirten und die von Klein, Schanzlin und Becker, neuerdings auch die von Reisert gebauten vor.

Um zu erfahren, ob sich das Wasser zur Kesselspeisung eignet, ist zu untersuchen, in welchen Mengen schwefelsaurer Kalk, kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia und Chlormagnesium vorhanden sind; letzteres nimmt zwar an der Kesselsteinbildung nicht Theil, greift aber die Kesselwandung an. Sind diese Bestimmungen erledigt, so kommen zwecks Reinigung des Wassers für die Folge nur die allwöchentlich vorzunehmenden Untersuchungen auf die Härte in Betracht. Obige kohlensaure Salze, die im Wasser theilweise durch Kohlensäure in Lösung gehalten werden, kann man durch Erwärmung des Wassers fällen und schwefelsaurer Kalk und Chlormagnesium sind durch Kalkmilch umzusetzen. Die sog. bleibende Härte entfernt man durch Soda *).

Das harte Wasser wird im Fällungsbehälter durch Dampf auf mindestens 60^0 erhitzt und dann mit der aus der Analyse berechneten

*) Ferd. Fischer, Chem. Technolog. des Wassers, Berlin 1893.

oder in einer Probe vorher bestimmten Menge dünner Kalkmilch versetzt — rothes Lackmuspapier darf erst $^1/_2$ Minute nach dem Eintauchen gebläut werden. Darauf giebt man die berechnete Menge der in heissem Wasser gelösten Soda hinzu, rührt mittelst eines Körting'schen Dampfstrahl-Rührgebläses durch und lässt den Niederschlag absetzen, was nach $^1/_2$ Stunde erfolgt ist. Man lässt nun das völlig klar gewordene Wasser in den tieferstehenden Reinwasserbehälter laufen, das mit oxalsaurem Ammon keine Trübung geben darf. Entsteht durch Chlorcalcium in einer anderen Probe eine Trübung, so ist Soda im Ueberschuss vorhanden.

Zum Filtriren des Wassers ist der Apparat von Dervaux, D. R.-P. Nr. 48268, vielfach im Gebrauch.

Die Calculation

im Superphosphatfabrikbetriebe erstreckt sich

1. auf die Rohmaterialien,
2. auf den Arbeitslohn,
3. auf die Capitalzinsen und Amortisation,
4. auf die Handlungsunkosten und
5. auf die Generalunkosten.

1. Rohmaterialien.

A. Rohphosphate.

Der Werth der Phosphate wird bedingt durch ihren Gehalt an phosphorsaurem Kalk und durch die denselben begleitenden Stoffe (siehe S. 9).

Die Calculation erfolgt nach dem Einkaufsbuche, z. B.: Gekauft am 26. October 1889 ab Doullens 1000 Sack = 100 Tonnen gemahlenes Sommephosphat 70 bis 75 Proc. zu 1,12 Frc. die Tonne = 1000 kg und für die Einheit phosphorsauren Kalk mit 2 Cent. Augmentation und Vergütung jedes Procentes Eisenoxyd und Thonerde über 3 Proc. mit 2 Proc. phosphorsaurem Kalk.

Verkaufsanalyse:

30,7 Proc. P_2O_5 = 67,0 Proc. $Ca_3(PO_4)_2$,
4,3 „ $Fe_2O_3 + Al_2O_3$.

Hiernach gehört dieses Phosphat in die Rubrik 65 bis 70 Proc. mit dem Einheitspreise von 0,97 Frc., also

0,97 Frc. + 2 Cent. Erhöhung; 2 Proc. × 2 =
0,04 „
1,01 Frc.

An Eisenoxyd und Thonerde sind 1,3 Proc. zu viel geliefert, demnach findet ein Abzug von 2,6 Proc. phosphorsaurem Kalk statt; es kommen also zur Verrechnung 67,0 Proc. — 2,6 Proc. = 64,4 Proc. phosphorsaurer Kalk × 1,01 Frc. = 65,04 Frc. die Tonne = 6504 Frc. für obige 1000 Tonnen = 5268 Mk. 24 Pfg.

Die 1000 Säcke sind mit 40 Cent. das Stück berechnet und werden hier nicht berücksichtigt, da sie vom Betriebe übernommen werden.

100 kg Sommephosphat 67 Proc. kosten ab Doullens . . .	5,268 Mk.
Hierzu Fracht	1,402 „
Unkosten für Abladen	0,020 „
Unkosten für Wägen*) und Aufstapeln	0,060 „
Gewichtsrisico, Coursdifferenz, Analysenlatitüde	0,010 „
	6,760 Mk.

Ferner:

1. Gekauft am 6. Juni 1890 500 Tonnen Lütticher Phosphat, roh, 55 bis 60 Proc. zu $9^1/_2$ Pence ohne Erhöhung mit Maximalgarantie an Eisenoxyd + Thonerde von 3 Proc.

Verkaufsanalyse:

26,8 Proc. P_2O_5 = 58,5 Proc. $Ca_3(PO_4)_2$,
2,7 „ $Fe_2O_3 + Al_2O_3$.

Berechnung:

58,5 Proc. × $9^1/_2$ Pence = 555,75 P. = 47,236 Mk. = 23 618,10 Mk. für 500 Tonnen.

100 kg kosten demnach	4,724 Mk.
Hierzu an Fracht	1,250 „
Und obige Spesen	0,090 „
	6,064 Mk.

2. Gekauft am 1. Mai 1893 1000 Tonnen Florida-Phosphat 75 Proc.; es stellt sich dasselbe gemahlen auf 8 Pfg. für das Kilogramm phosphorsauren Kalk.

B. Schwefelsäure.

Die gekaufte 142° Schwefelsäure kostete 1890 in die Fabrik geliefert 4,00 Mk. die 100 kg; hierzu kommt noch für Dampfverbrauch die zu berechnende Kohlenmenge, welche sich bei Anwendung des erwähnten Körting'schen Injectors für 10 000 kg Säure auf 30 Pfg. stellt. Rechnet man noch die Bedienung hinzu, so kosten 100 kg 142° Säure 4,05 Mk. Der Preis der in eigener Fabrik hergestellten Kammersäure von 106° belief sich auf 2 Mk.

*) Die Verwiegungen ganzer Waggons lässt man am billigsten und bequemsten durch die Bahn vornehmen, auch deshalb, um Gewichtsreclamationen zu vermeiden.

2. Arbeitslohn.

Der Arbeitslohn wird durch das Lohnbuch nachgewiesen. Je vollkommener die Einrichtung der Fabrik, je mehr die Handarbeit durch Maschinenkraft ersetzt ist, um so niedriger wird der Lohn, welcher sich bei kleinem Betriebe natürlich verhältnissmässig höher stellt als bei grossem. Jede Arbeit erfolgt soweit als möglich im Accord, es werden mit jedem Accordarbeiter Arbeitsverträge abgeschlossen. Bei Aufschlüssen werden die in einer bestimmten Zeit herzustellenden Mischungen, also die Mischungszeiten, bei jedem Phosphat vom Fabrikanten besonders bestimmt.

3. Capitalzinsen und Amortisation.

Um diese Ziffern festzustellen, ist es nöthig, sich über das Anlagecapital Rechenschaft zu geben.

Der Bau einer Superphosphatfabrik in der angenommenen Ausdehnung kann für 50 000 Mk. hergestellt werden. Ein halber Hectar Grund und Boden soll mit 2000 Mk. veranschlagt sein, so dass auf das Conto „Gebäude“ 52 000 Mk. kommen, welche 2600 Mk. jährliche Zinsen fordern.

Das Maschinen- und Utensilienconto beträgt nach folgender Aufstellung 49 500 Mk.:

1 Dampfkessel von 8 Atmosphären	8000 Mk.
1 Dampfmaschine von 50 Pferdekräften. . .	6000 „
1 Brecher.	1200 „
2 Mahlgänge mit Brecherwerk und Siebvorrichtung	8000 „
1 Aufschliessmaschine mit Keller	3000 „
2 Desintegratoren	6000 „
2 Aufzüge	1500 „
2 Bleikasten	500 „
2 Eisenreservoire	1500 „
1 Wasserpumpe.	500 „
1 Trockenanlage	6000 „
Transmissionen, Leitungen, Injector, Riemen .	3000 „
1 transportables Gleis mit Kippwagen . . .	1500 „
Laboratorium, Einrichtung	1000 „
Utensilien	1800 „

Die jährlichen Zinsen dieser Summe betragen 2575 Mk.

Wenn man nun die Amortisation an Gebäuden mit 5 Proc., an Maschinen und Utensilien mit 10 Proc. rechnet, so ergeben sich für

erstere 2600 Mk. und für letztere 4750 Mk., mit obigen 2600 und 2575 Mk. Zinsen zusammen 12525 Mk. Gesammtzinsen und Amortisation der Anlage bei einer Jahresproduction von 5000 Tonnen Superphosphat, für 100 kg 25,0 Pfg.

Weiter ist noch das Betriebscapital zu besprechen.

Obige Jahresproduction erfordert rund 2500 Tonnen Phosphat und 2500 Tonnen 106° Säure, ein Capital von rund 250000 Mk.; ferner sind 70000 Stück 75 kg fassende Säcke nöthig = 21000 Mk. Auslage.

Der Fabrikant muss diese Beträge in der Höhe von 271000 Mk. für $^1/_2$ Jahr auslegen, sowie den Arbeitslohn, der jährlich etwa 20000 Mk. beträgt. Die Höhe dieser Zinsen stellt sich demnach auf 7275 Mk.; für 100 kg Superphosphat auf 14,5 Pfg.

4. und 5. Handlungs- und Generalunkosten.

Die „Handlungsunkosten“ setzen sich zusammen aus Comptoir- und Reisespesen, die „Generalien“ aus Gehalten, aus Auslagen für Reagentien und Bruch im Laboratorium, Steuern, Versicherung, Reparaturen, Beleuchtung und Krankencassenzuschüssen.

Die Summe beider Spesen betrug bei obigem Betriebe für 100 kg Superphosphat 50 Pfg.

Summe der Spesen: 89,5 Pfg.

Die im Superphosphatbetriebe zu führenden Bücher sind folgende:

1. Das Lagerbuch; Einrichtung ungefähr wie nachstehend:

Eingang.

Laufende Nummer	Datum		Waare	Woher	Sack-zahl	Gewicht		Facturirter Gehalt				Gewicht		
	Monat	Tag				Brutto kg	Netto kg	P_2O_5	N	K_2O	Grade	P_2O_5 kg	N kg	K_2O kg
	1889													
1	October	26	Sommephosphat	Doullens	500	50 500	50 000	30,7	—	—	—	15 350	—	—
2	„	27	„	„	500	50 500	50 000	30,7	—	—	—	15 350	—	—
3	November	5	Schwefelsäure	Louisenthal	—	—	9 840	—	—	—	142	—	—	—
4	„	12	Ammoniak	Rotterdam	100	10 115	10 080	—	20,5	—	—	—	2050	—
5	December	1	Kainit	Vienenburg	lose	—	10 000	—	—	10,4	—	—	—	1040
6	„	13	Salpeter	Rotterdam	80	10 007	9 855	—	15,5	—	—	—	1525,2	—

etc.

Ausgang.

Laufende Nummer	Datum		Waare	Wohin	Sack-zahl	Gewicht		Facturirter Gehalt				Gewicht		
	Monat	Tag				Brutto kg	Netto kg	P_2O_5 Ges.	P_2O_5 Lösl.	N	K_2O	P_2O_5 kg	N kg	K_2O kg
	1890													
1	März	9	Superphosphat	Metz	134	10 050	—	14,9	13,9	—	—	1497,5	—	—
2	„	10	„	„	670	50 250	—	15,4	14,3	—	—	7738,5	—	—
3	April	14	Am.-Superph. 5 + 11.	Speyer	140	10 500	—	11,8	10,9	4,9	—	1239,0	514,5	—
4	„	14	Kali-Am.-Superph.	„	100	10 000	—	11,0	10,0	1,0	5,0	1100,0	100,0	500,0
5	„	16	Salpeter	Wörth	40	5 005	4917	—	—	15,5	—	—	762,1	—

etc.

2. Das Analysenbuch. Analyse von Sommephosphat: 30,7 Proc. P_2O_5 = 67,0 Proc. $Ca_3(PO_4)_2$; 3,8 Proc. $Fe_2O_3 + Al_2O_3$; 10,2 Proc. $CaCO_3$; 3,2 Proc. $CaFl_2$.

3. Das Calculationsbuch. Einrichtung:

Sommephosphat
vom 26. und 27. October 1889.

A. Preisberechnung des Phosphats (s. S. 92);
B. Mahlkostenberechnung;
C. Säureberechnung zum Aufschluss (s. S. 10);
nach Rümpler (S. 15): $85^1/_2$ Thle. 142° Säure.
D. Probeaufschlüsse:

1. 100 Thle. Sommephosphat = 30,7 Thle. P_2O_5
107 „ 106° Säure = 85,6 Thle. von 142°.
207 Thle.

Analytischer Befund nach 2 Tagen: Ges. P_2O_5 = 15,0 Proc.
Lösl. „ = 13,6 „
„ „ „ 5 „ Ges. „ = 15,1 „
Lösl. „ = 14,0 „
„ „ „ 10 „ Ges. „ = 15,2 „
Lösl. „ = 14,0 „
„ „ „ 20 „ Ges. „ = 15,1 „
Lösl. „ = 13,8 „

Beschaffenheit: trocken und fest.

2. 100 Thle. Sommephosphat = 30,7 Thle. P_2O_5
110 „ 106° Säure = 88,1 Thle. von 142°.
210 Thle.

Analytischer Befund nach 2 Tagen: Ges. P_2O_5 = 14,8 Proc.
Lösl. „ = 13,5 „
„ „ „ 5 „ Ges. „ = 15,0 „
Lösl. „ = 14,0 „
„ „ „ 10 „ Ges. „ = 15,0 „
Lösl. „ = 14,2 „
„ „ „ 20 „ Ges. „ = 15,1 „
Lösl. „ = 14,0 „

Beschaffenheit: anfangs etwas feucht, dann trocken und weich.

3. 100 Thle. Sommephosphat
115 „ 106° Säure = 92,1 Thle. von 142°
225 Thle.

Analytischer Befund nach 20 Tagen: Ges. P_2O_5 = 15,0 Proc.
Lösl. „ = 13,9 „
„ „ „ 30 „ Ges. „ = 15,0 „
Lösl. „ = 13,9 „

Beschaffenheit: feucht wird, nicht trocken.

Die nach der Titration gefundenen $85^1/_2$ Thle. 142° Säure entsprechen 107 Thln. von 106°, mit denen die erste Probemischung hergestellt wurde.

Nr. 1 gab ein Superphosphat mit 1,3 Proc. unlöslicher P_2O_5
Nr. 2. u. 3 „ „ „ 1,1 „ „ „

Nr. 3 enthielt 4 Proc. freie H_3PO_4, die Aufschlüsse wurden beendet, da nicht mehr lösl. P_2O_5 erhalten wurde.

Es war demnach noch festzustellen, welche Concentration der Säure die beste ist:

4. 100 Thle. Sommephosphat
105 „ 113° Säure = 88,0 Thle. von 142° (s. Nr. 2)
205 Thle.

Analytischer Befund nach 10 Tagen: Ges. P_2O_5 = 15,1 Proc.
Lösl. „ = 14,3 „
„ „ „ 20 u. 30 „ Ges. „ = 15,3 „
Lösl. „ = 14,2 „

Beschaffenheit: porös und leicht trocknend.

5. 100 Thle. Sommephosphat
100 „ 120° Säure = 88,0 Thle. von 142° (s. Nr. 2 u. 4).
200 Thle.

Analytischer Befund nach 10 Tagen: Ges. P_2O_5 = 15,6 Proc.
Lösl. „ = 14,8 „
„ „ „ 20 u. 30 „ Ges. „ = 15,6 „
Lösl. „ = 14,5 „

Beschaffenheit: klebrig und feucht im Griff, schwer trocknend.

Am besten war das Superphosphat Nr. 2 und 4; es war mit den Fingern zu fühlen, dass die Säure durch und durch gedrungen, man fühlte hier keine körnigen Theile, was aber bei Nr. 1 der Fall war. Nr. 4 hatte die besten Eigenschaften; es ist diese Mischung für den Aufschluss im Grossen die günstigste.

E. Aufschluss-Calculationen:

1. 100 kg Sommephosphat mit 30,7 Proc. P_2O_5 kosten
nach S. 93 . . . . . 6,760 Mk.
Unkosten für Brechen: Lohn . . . . . — „
„ „ „ Kohlen . . . . . — „
„ „ Mahlen: Lohn . . . . . — „
„ „ „ Kohlen . . . . . — „
6,760 Mk.

246 kg Sommephosphat kosten . . . . . 16,63 Mk.
259 „ 113° Säure = 217 kg von 142° . . . 8,79 „
505 kg ·/. 3 Proc. Verlust 490 kg Nettogewicht . 25,42 Mk.

100 kg Superphosphat 14,3 Proc. kosten demnach		5,188 Mk.
Unkosten für Aufschliessen: Lohn		0,025 „
„ „ „ Kohlen		0,003 „
„ „ Abfahren zum Lager		0,010 „
		5,226 Mk.

Bearbeitung des Superphosphats:

Unkosten für Umstechen		— Mk.
„ „ Trocknen		— „
„ „ Schleudern, Sacken und Wiegen:		
Lohn		0,025 „
Kohlen		0,006 „
„ „ Sack und Markiren desselben		0,405 „
„ „ Nähen des Sackes		0,010 „
Gesammtspesen		0,895 „
Unkosten für Verladung		0,040 „
		6,607 Mk.

Das Procent bezw. Kilogramm lösliche Phosphorsäure kostet demnach im Waggon 46,2 Pfg.

2. 100 kg Floridaphosphat 75 Proc. mit 34,3 Proc. P_2O_5 kosten nach S. 93		6,000 Mk.
105 „ 106° Säure		2,100 „
195 kg Netto		8,100 Mk.
100 kg Superphosphat 16 Proc. kosten demnach		4,150 Mk.
Dazu obige Spesen		1,419 „
		5,569 Mk.

Das Kilogramm lösliche Phosphorsäure kostet demnach im Waggon $34^3/_4$ Pfg.

F. Calculation der Trockenmischung:

Herstellung von 2500 kg Ammoniak-Superphosphat 11 + 5,
$76^1/_2$ Thle. Sommesuperphosphat, 14,3 = 10,94 Proc. lösl. P_2O_5,
$23^1/_2$ „ gedarrtes Ammoniak, 20,8 = 4,89 „ N.

Hiernach sind nöthig:

$1912^1/_2$ kg Sommesuperphosphat		116,99 Mk.
$587^1/_2$ „ Ammoniak		157,64 „
2500 kg Ammoniak-Superphosphate 11 + 5 kosten		274,63 Mk.
Unkosten für Zusammentragen, vier Mann eine Stunde		1,00 „
Summa		275,63 Mk.

100 kg kosten demnach 11,02 Mk.

Spesen für Schleudern, Sacken und Wiegen:

	Lohn	0,025 Mk.
	Kohlen	0,006 „
„	„ Sack und Markiren desselben . .	0,405 „
„	„ 4 Mon. Lagerzinsen auf Ammoniak	0,105 „
		0,541 Mk.

= 11,56 Mk.; hierzu Verladung 0,04 Pfg. = Summa 11,60 Mk.

Die Verluste, die beim Aufschliessen, Lagern und bei der weiteren Verarbeitung entstanden sind, ergeben sich erst nach Räumung des Lagers; will man sie schnellmöglichst in ungefährer Höhe wissen, so wäge man die Probemischung.

G. Mahlkostencalculation:

100 Tonnen Lütticher Phosphat kosten zu mahlen und zu sieben:

12,80	Mk. für	Kohlen,
19,90	„ „	Brecherlohn,
29,85	„ „	Müllerlohn,
19,90	„ „	Hülfsarbeiterlohn,
3,42	„ „	Heizerlohn,
5,00	„ „	Schärfen,
Sa. 90,87	Mk.	

Es wurden erhalten 99 500 kg Mehl und kosten demnach 100 kg 9,1 Pfg.

Nach S. 93 kosten 100 kg Rohphosphat loco Fabrik	6,064 Mk.
Hierzu obige	0,091 „
	6,155 Mk.

es stellen sich somit 100 kg Mehl auf 6,186 Mk.

4. Das Fabrikationsbuch.

Nach jeder beendeten Schicht werden die Mengen der verarbeiteten Materialien, die auf den Tafeln an den Mühlen bezw. Siebvorrichtungen, an der Aufschliessmaschine, beim Trockenmischen, an den Desintegratoren u. s. w. verzeichnet sind, in dieses Buch eingetragen.

Sommephosphat 67 Proc.

Analysenbuch Nr. — Eingangsbuch Nr. 1, 2.

Datum		Gemahlen	Datum		Aufschluss			Superphosphat	Datum		Ausgang			Verlust
Monat	Tag		Monat	Tag	Phosphat	Säure kg	Säure Grad	Brutto	Monat	Tag	vermischt	verladen	Summa	Proc.
—	—	—	Februar	2	39 360	41 328	113	80 688	April	15	—	70 000	—	—
—	—	—	„	4	39 852	41 845	114	81 697	„	16	—	80 400	—	—
—	—	—	„	6	20 664	21 697	108	42 361	„	17	48 205	—	198 605	3
—	—	—	—	—	99 876	104 870	113	204 746	—	—	—	—	—	—

Schwefelsäure.

Eingangsbuch Nr. 3.

Datum		Eingang	Stärke		Mischung		Stärke		Ausgang als 142^0
Monat	Tag		im Waggon	im Reservoir	Säure	Wasser	berechnet	gefunden	
Februar	1	10 000	143^0	135^0	4380	620	113^0	113^0	9999
—	—	—	—	—	4550	645	„	„	
—	—	—	—	—	1486	210	„	„	

Chilisalpeter.

Eingangsbuch Nr. 6.

Datum		Eingang	Datum		Gedarrt	Datum		Vermischt	Expedirt	Verlust
Monat	Tag	Netto	Monat	Tag		Monat	Tag			Proc.
December	13	9840	Februar	12	9640	Februar	13	9623	—	2,2

Der Werkmeister führt obiges Säurebuch, das kleine Lohnbuch und das Sackbuch, ferner für jedes Lager ein kleines Ein- und Ausgangsbuch, sowie den Arbeitsbericht.

5. Das Lohnbuch.

6. Das Inventarienbuch.

Trotzdem man dahin streben soll, dass mit der ganzen Production am Ende des Betriebsjahres geräumt sei, ist dies doch nicht immer möglich und eine mehr oder weniger umständliche Lageraufnahme nicht zu umgehen. Nach obigen Büchern kennt man das lagernde Quantum an Rohwaaren freilich genau, das Lager an Superphosphat aber nicht, da der Gewichtsverlust durch Lagern sich erst nach dem Verbrauch ergiebt; jedoch kennt man durch Erfahrung von vielen Superphosphaten den Durchschnittsverlust, den man beim Eintragen berücksichtigt. Ein Auswägen des Lagers ist möglichst zu vermeiden.

Die Inventaraufnahme findet nach Schluss jeder Saison statt.

Fabrikation von Phosphorsäure, Doppelsuperphosphat und Düngesalz*).

Die Grundidee der Phosphorsäurefabrikation liegt in der Graham'schen Analysenmethode**) der Lahnphosphorite, nach welcher schon fünfprocentige Schwefelsäure aus dem feinen Phosphoritmehle fast alle Phosphorsäure des phosphorsauren Kalks in Lösung bringt, dabei aber nur unwesentliche Mengen phosphorsaurer Sesquioxyde löst. Hiernach ist es möglich, die vielen eisen- und thonerdehaltigen Phosphate, welche nicht zu Superphosphat zu verarbeiten sind, zu verwerthen; von den Lahnphosphoriten sind es die niedrigprocentigen — höherprocentiges Material giebt es schon seit langer Zeit nicht mehr — mit etwa 50 Proc. phosphorsaurem Kalk, die bis 12 Proc. Eisenoxyd und Thonerde, das Eisenoxyd in doppelter Menge, enthalten, ausserdem werden noch die unreinen Coprolithen, wie auch ausländisches Material zur Extraction herangezogen.

Nach dem Verfahren von Müller, Packard u. Cie., Wetzlar, wird fein gemahlener Phosphorit mit der zu seiner Zersetzung nöthigen Menge kalter Schwefelsäure in einem mit mechanischem Rührwerk versehenen Bottich versetzt. Da fünfprocentige Säure zu viel Flüssigkeit geben würde, wendet man solche von 10 bis 16 Proc. an, je nach der Beschaffenheit des Phosphorits, und es wird die in Lösung gebrachte Phos-

---

*) Landwirthschaftl. Versuchsstation, Bd. XXVII, S. 325; Chem. Ztg. 1893, S. 791.

**) Fresenius, Neubauer und Luck, Die künstlichen Dünger, Wiesbaden 1871, S. 11.

phorsäure von den Bestandtheilen, ungelösten Gyps, Sand, Eisen- und Thonerdeverbindungen, auf mechanische Weise getrennt. Die klare

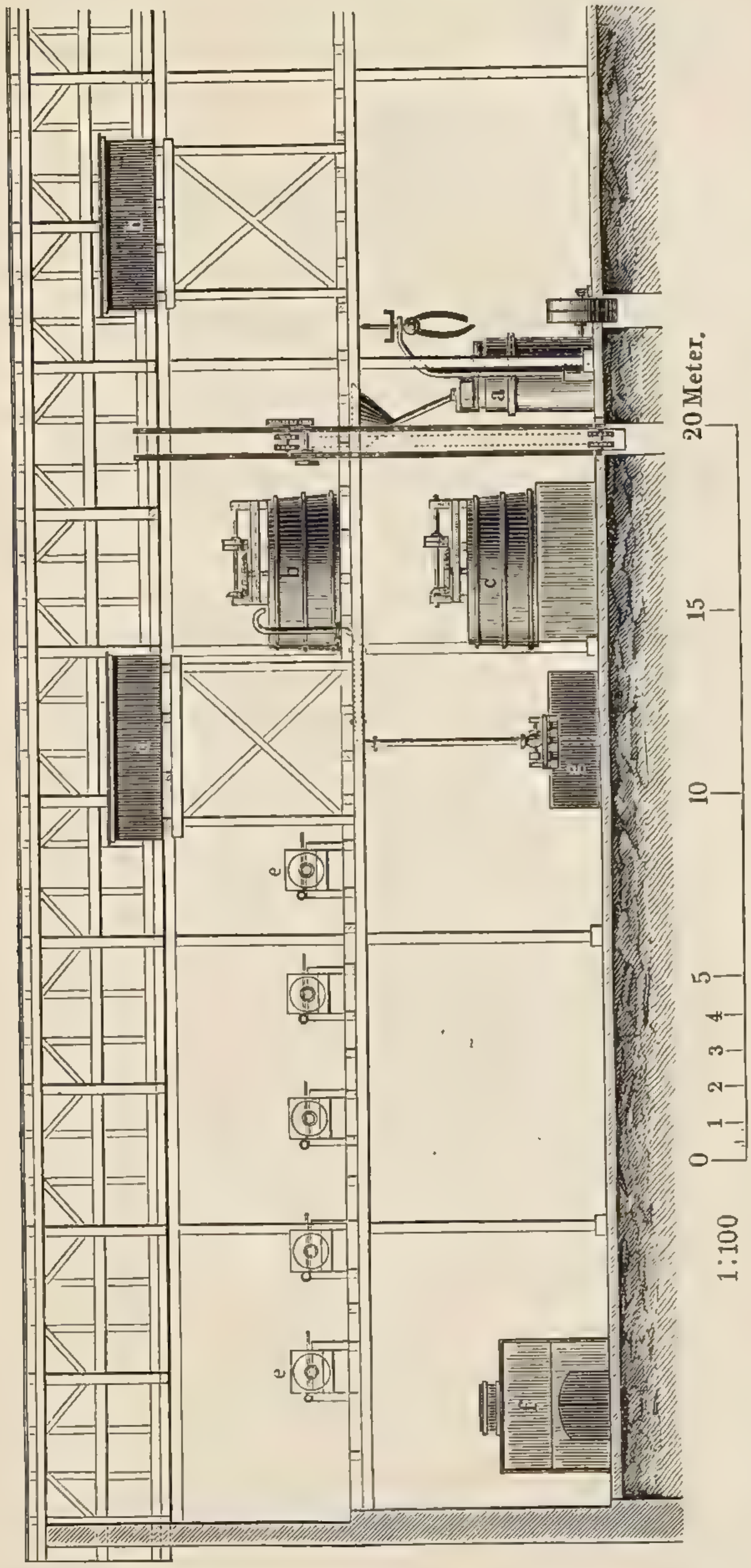


Fig. 54.

Phosphorsäurelösung fliesst zur Concentrirung in einen Abdampfofen, wo sie bis auf 40 bis 50 Proc. P_2O_5 eingedampft wird.

Nach H. und E. Albert, Biebrich, wird die Extraction des phosphorsauren Kalks dadurch bewirkt, dass man Phosphorit und Säure eine Stunde lang durch einen Nassmahlgang laufen lässt.

Die Disposition einer Phosphorsäureextraction, nach der wir diese Fabrikation näher beschreiben wollen, ist aus der Fig. 54 (a. v. S.) von Dr. F. Lorenz, Hannover, ersichtlich.

Auf den Mahlgängen *aa*, die jeder in 10 Stunden etwa 5000 kg Mehl liefern, wird der Phosphorit möglichst fein gemahlen und gelangt von diesen mittelst eines Becherwerks in den hochstehenden Holzbottich *b*, welcher diejenige Menge Wasser bereits enthält, die zur Verdünnung der zu einer Operation erforderlichen Schwefelsäure auf 15 bis 22° nöthig ist.

Die mechanischen Rührwerke im Bottich *b* sowie in dem darunter befindlichen Bottich *c* sind beim Eintragen des Phosphoritmehles in Thätigkeit. Nachdem alles Mehl eingetragen, lässt man die Schwefelsäure aus dem Bleikasten *d* hinzu und so lange rühren, bis eine gezogene Probe filtrirt aus salpetersaurer Lösung mit salpetersaurem Baryt nicht mehr viel freie Schwefelsäure zeigt, was nach $^1/_2$ Stunde der Fall ist. Die Temperatur steigt während der Mischung bis auf 60°.

Nachdem die Mischung von dem Bottich *b* nach *c* herabgelassen ist, wird in ersteren neu eingetragen, während die erste etwas abgekühlte Mischung aus dem Bottich *c* mittelst Membranpumpen in die Filterpressen *c* gepumpt wird. Aus denselben läuft eine Phosphorsäurelösung mit 10 bis 11 Proc. P_2O_5 klar ab, die zuerst in Bleikasten zur Ansammlung und Klärung gelangt und dann in den Abdampfofen mit Oberfeuer *f* gelassen und hier auf 113° concentrirt wird, während man den Gyps in den Pressen so lange mit Wasser auswäscht, bis letzteres 0° zeigt. Der Ofen besteht aus mit flachen Gewölben überspannten Pfannen, die durch oberschlägige Generatorgasfeuerung unter Zuführung erhitzter Luft geheizt werden (siehe Lunge's Handbuch der Schwefelsäurefabrikation). Die Pfannen aus 8 bis 10 mm starkem Blei werden stets voll gehalten und man zieht aus ihnen die schwere, am Boden befindliche Flüssigkeit continuirlich mittelst eines Ueberlaufrohres ab, das vom Boden der Pfanne aus und über deren Rand weggeht, während oben die dünne Lösung zufliesst. In einer Stunde kann eine Pfanne von 1500 mm Breite bei 10 000 mm Länge 100 kg Wasser verdampfen und können bei 0,7 qm Feuerungsraum in 24 Stunden etwa 8000 bis 9000 kg Phosphorsäurelösung mit 1000 kg Kohlen auf 91° gebracht werden. Die wasserhaltige Luft entweicht in den Kamin. Diese Phosphorsäure wird nun mittelst Luftdruckes zur weiteren Verwendung in das Hochreservoir gedrückt.

Das Waschwasser von den Filterpressen läuft in das Reservoir *g* und wird von dort mittelst Membranpumpen wieder in den Bottich *b* gepumpt, um zum Verdünnen neuer Mengen Schwefelsäure zu dienen.

Der aus den Pressen gewonnene Gyps — sog. Phosphatgyps, wenn er nur die phosphorsauren Sesquioxyde, also die ungelöste Phosphorsäure,

Superphosphatgyps, wenn der Gyps nicht vollständig ausgewaschen ist und lösliche Phosphorsäure enthält — wird an der Luft getrocknet und verkauft; er findet seine Abnehmer, da er das aus dem Stallmist entweichende kohlensaure Ammoniak bindet und zusammen mit diesem als Dünger verwandt wird.

Man kann sich zur Phosphorsäuregewinnung auch der Extraction mittelst Alkohol bedienen: Der Aufschluss des Phosphorits erfolgt nach Formel 6 (S. 8) zu Phosphorsäure, welche wie die Schwefelsäure in Alkohol löslich ist.

Im Anfange der Phosphorsäurefabrikation versuchte man, die unreinen, eisen- und thonerdehaltigen Phosphorite mit Phosphorsäure aufzuschliessen, was aber nicht gelang. Dann tränkte man trockenen gemahlenen Torf, auch wohl Infusorienerde und Sägespäne damit; 1 Thl. trockene Infusorienerde nimmt 5 Thle. 91° Phosphorsäurelösung auf. Darauf verwendete man leicht zersetzbare reine Phosphate und stellte auf diese Weise das Doppelsuperphosphat her:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 + 3H_2O = 3[CaH_4(PO_4)_2, H_2O];$$

1 Thl. $Ca_3(PO_4)_2$ verlangt hiernach 1,2645 Thle. H_3PO_4 = 2,036 Thle. 91° Phosphorsäure. Nach

$$CaCO_3 + 2H_3PO_4 = CaH_4(PO_4)_2 + CO_2 + H_2O$$

verlangt 1 Thl. $CaCO_3$ 1,9600 Thle. H_3PO_4 = 3,156 Thle. 91° Phosphorsäure.

Die Phosphorsäure wird, wenn sie genügend erkaltet ist, aus dem Hochreservoir *h* in die Messkasten an der Aufschliessmaschine geleitet, wo dieselbe mit Knochenasche, Guano oder sonstigen hochprocentigen reinen Phosphaten, welche möglichst frei von kohlensaurem Kalk sein müssen, vermischt wird. Zu diesem Aufschluss genügen die einfachsten Rührwerke ohne Gasabzüge, da keine Flusssäure entwickelt wird (siehe S. 55). Die Mischung lagert man in Gruben oder Kammern; sie gebraucht zum vollen Erhärten mehr Zeit, als das aus Phosphat und Schwefelsäure hergestellte Product, weil in ihr der wasserbindende schwefelsaure Kalk fehlt. Hiernach trocknet man in einem Trockencanal mit heisser Luft (siehe S. 69), worauf dann die Zerkleinerung im Desintegrator erfolgt.

Nach Stohmann[2]) gehen aus einem Phosphorit mit 22 Proc. Phosphorsäure in den Gyps 2 Proc., in den Pfannenabsatz 1 Proc. Phosphorsäure über, während bis 3 Proc. beim Trocknen zurückgehen.

Das Fabrikgebäude muss 50 m lang und 25 m breit sein, um sämmtliche Maschinen, Oefen, Mahlgänge, den Dampfkessel u. s. w. aufnehmen zu können und um noch ausserdem genügende Lagerräume für Rohmaterial und fertige Waare zu enthalten. Die Dampfmaschine muss für diesen Betrieb 50 Pferdekräfte abgeben. Nach folgender Aufstellung kostet eine derartige Anlage etwa 70 000 Mk.:

Gebäude mit 1250 qm Bodenfläche	18750 Mk.
1 Dampfkessel von 6 Atmosphären	8000 „
1 Dampfmaschine.	6000 „
2 Mahlgänge, complet mit Siebvorrichtung . .	6000 „
1 Brecher	850 „
3 Becherwerke	1800 „
2 Rührwerke	1500 „
2 Membranpumpen	2000 „
5 Filterpressen	5000 „
1 Wasserpumpe	500 „
2 Trockenöfen.	4000 „
1 Aufschliessmaschine	2000 „
1 Desintegrator mit Sieb	2500 „
Diverse Reservoire	2500 „
Luftpumpe, Druckkessel, Leitungen	5000 „
Transmissionen, Riemen, Utensilien	4000 „
	70400 Mk.

Der Betrieb im obigen Umfange, d. h. bei einer täglichen Production von 10000 kg 45 proc. Doppelsuperphosphat, beschäftigt etwa 30 Arbeiter und verlangt an Kohlen etwa 1500 kg für den Kessel und 7000 kg für Eindampfen und Trocknen.

Calculation:

Extraction:

1000 kg Phosphorit 50 bis 60 Proc.; kg $Ca_3(PO_4)_2$: 8 Pfg. . .	44 Mk.
Mahlen derselben	6 „
1000 kg 106° Säure; 100 kg 2,10 Mk.	21 „
Extrahiren, Filtriren, Concentriren u. s. w., für Abnutzung und Generalien	25 „
Netto 500 kg Phosphorsäure von 91 Proc.	96 Mk.

100 kg kosten demnach 19,2 Mk.

Hiervon gehen noch für 1000 kg Gyps etwa 7 Mk. ab, bleiben 17,80 Mk. für 100 kg

Aufschluss:

500 kg Phosphat 75 bis 80 Proc.; kg $Ca_3(PO_4)_2$: 8 Pfg. . .	31 Mk.
Mahlen derselben	3 „
500 kg Phosphorsäure 91°	89 „
Mischen, Trocknen, Schleudern, für Sack u. s. w.	12 „
Netto 850 kg Doppelsuperphosphat 45 Proc..	135 Mk.

100 kg kosten also 15,88 Mk. = 35,3 Pfg. das Kilogramm P_2O_5.

Seit 1885 werden aus der Phosphorsäure kali- und ammoniakhaltige Düngesalze*) hergestellt, hauptsächlich phosphorsaures Kali. Müller, Packard u. Cie., Wetzlar, verwenden dazu die Sulfate und erhalten nach $K_2SO_4 + H_3PO_4 = KH_2PO_4, KHSO_4$, ein saures Doppelsalz, das neben 28 Proc. SO_3 24 Proc. lösliche P_2O_5 und 26 Proc. K_2O bezw. 25 Proc. P_2O_5 und 10 Proc. N enthält. Man mischte zuerst das Sulfat mit heisser 135° Phosphorsäure, welches Product aber schlecht zu trocknen war, später löste man dasselbe in dünner Phosphorsäure von 22° und dampfte die Lösung ein, bis die Temperatur der kochenden Flüssigkeit 110° erreichte. Die Masse wurde dann in flache Kasten gegossen; unter Umrühren bis zum Erkalten erstarrte sie und war nun leicht zu pulverisiren.

H. J. Merck u. Cie., Hamburg, stellten früher nach dem D. R.-P. Nr. 39 548 ebenfalls ein sulfophosphorsaures Salz her, indem sie die getrockneten und gepulverten neutralen Sulfate mit auf den Kochpunkt (150°) erhitzter Phosphorsäure von 50 bis 54 Proc. P_2O_5 im atomistischen Verhältniss versetzten. Man erhielt diese Temperatur, bis die erste dickflüssige Masse ganz dünnflüssig geworden war und Neigung zeigte, zu erstarren; dann goss man sie auf Platten, worauf sich die erhaltenen trockenen Salzkuchen leicht zerkleinern liessen.

H. und E. Albert, Biebrich, haben 1892 das obige Wetzlarer Verfahren durch Th. Meyer, D. R.-P. Nr. 69 491, vervollkommnet. Sie mischen mittelst Rührwerk etwa 10procentige Phosphorsäure mit der entsprechenden Menge schwefelsaurem Kali und fein gemahlenem belgischen Kreidephosphat:

$$K_2SO_4 + 2\,H_3PO_4 + CaCO_3 = 2\,KH_2PO_4 + CaSO_4 + CO_2.$$

Ist die Umsetzung beendet — nach etwa einer Stunde — filtrirt man durch Filterpressen und dampft die Lösung zur Trockne ein, welches Fabrikat 38 bis 40 Proc. lösliche P_2O_5 und 31 bis 33 Proc. K_2O enthält. Der Filterrückstand besteht aus Gyps und Phosphat und wird wieder als Rohmaterial zur Phosphorsäureextraction gebraucht.

H. u. E. Albert fabricirten vorher die Düngesalze aus kohlensauren Alkalien: concentrirte Phosphorsäure wurde mit Pottasche gesättigt und die dickbreiige Masse getrocknet. Die Erzielung trockener Salze erforderte aber ein scharfes Trocknen, wobei sich leicht Meta- und Pyrophosphorsäure bilden, die keinen Düngewerth besitzen; ausserdem ist metaphosphorsaures Kali in Wasser unlöslich. Die Herstellungskosten waren sehr hoch, 1 kg K_2O kostete etwa 60 Pfg., weshalb man dieses Verfahren wieder aufgab.

Bis jetzt haben die concentrirten ballastfreien Düngesalze sowie das Doppelsuperphosphat nur Bedeutung für Gartendüngung und Export erlangt**).

---

*) Zeitschr. f. angew. Chem. 1891, S. 478 u. 568; Chem.-Ztg. 1893, S. 1267.
**) Chem.-Ztg. 1893, S. 1087.

Dem Salzbergwerk Neu-Stassfurt wurde Ende 1891 ein Verfahren, D. R.-P. Nr. 66 976, patentirt, nach welchem aus billigem Chlorkalium der unerschöpflichen Carnallitablagerungen und Phosphorsäure phosphorsaures Kali unter Wiedergewinnung des sich entwickelnden Chlorwasserstoffs herzustellen ist.

O. Jähne*) extrahirt laut D. R.-P. Nr. 57 295 Phosphorite mit der sechsfachen Menge einer 25 proc. wässerigen Bisulfatlösung mit etwa 30 Proc. freier Säure (siehe S. 24):

$$Ca(PO_4)_2 + 4\,NaHSO_4 = CaH_4(PO_4)_2 + 2\,Na_2SO_4 + 2\,CaSO_4.$$

Das gypsfreie Filtrat wird eingedampft und getrocknet.

Was den Superphosphatgyps anlangt, so war bekannt, dass der Gyps in stickstoffhaltigen, organischen, faulenden Stoffen ammoniakbindend wirkt; diese Absorption wird nach J. H. Vogel**) und H. Immendorf***) intensiver und vollständiger durch die Anwesenheit von löslicher Phosphorsäure. Beim Lagern des Superphosphatgypses mit Stallmist geht die lösliche Phosphorsäure zurück, und zwar bildet sich zuerst phosphorsaures Ammoniak, dann in Folge Einwirkung dieses auf den Gyps schwefelsaures Ammoniak:

1. $2\,NH_4H_2PO_4 + CaSO_4 + 2\,H_2O$
$= (NH_4)_2SO_4 + CaH_4(PO_4)_2, H_2O + H_2O;$

2. $(NH_4)_2HPO_4 + CaSO_4 + 2\,H_2O$
$= (NH_4)_2SO_4 + CaHPO_4 + 2\,H_2O;$

3. $2\,(NH_4)_3PO_4 + 3\,CaSO_4$
$= 3\,(NH_4)_2SO_4 + Ca_3(PO_4)_2.$

Dieser Werthverlust durch Bildung von halbsaurem und basischphosphorsaurem Kalk ist aber gering gegen den Nutzen, welchen die Anwendung des Superphosphatgypses im Gefolge hat.

Fabrikation des Thomasphosphatmehles.

Im Jahre 1879 wurden Versuche gemacht, die Stahlfabrikation, für welche bekanntlich nur ein kleiner Theil des Roheisens, und zwar das phosphorfreie, zu verwerthen war, zu vervollkommnen. Gilchrist und Thomas aus Battersea in Surrey führten in England folgendes Verfahren ein:

Heiss eingeschmolzenes Roheisen wird in einen mit basischer Masse — Dolomitmehl und Theer — ausgekleideten Converter geleitet, dessen

---

*) Zeitschr. f. angew. Chem. 1891, S. 563 und 1892, S. 231.

**) Die Wirkung der gasförmigen Zersetzungsproducte faulender organischer Substanzen auf die Phosphorsäure und ihre Kalksalze, Berlin 1893.

***) Journ. Landw. 41, 1.

durchlöcherter Boden durch eine Rohrleitung mit einer Gebläsemaschine in Verbindung seht. Für den Entphosphorungsprocess wird in den Converter zuerst frisch gebrannter Kalk gegeben, dessen Menge sich hauptsächlich nach dem Phosphorgehalte des Eisens richtet, auf 100 Thle. Roheisen mit 3 Proc. Phosphor 15 bis 20 Thle. Dann wird der Converter umgelegt, so dass obere Mündung und Boden in einer Horizontalen liegen, das flüssige Roheisen hineingeleitet, das Gebläse in Betrieb gesetzt und nun der Converter in die verticale Stellung gebracht. Die durchgedrückte Luft verbrennt zuerst das Mangan zu MnO, das Silicium zu SiO_2 und den Kohlenstoff zu CO_2 bezw. CO, dann erst, nach der Entkohlung, beim sogen. Nachblasen den Phosphor zu P_2O_5, und zwar so schnell, dass sich die Temperatur der schmelzenden Masse um etwa 700° erhöht, so dass auch der Kalk schmilzt, welcher sich mit der entstandenen Phosphorsäure zu einer auf dem Stahl schwimmenden Schlacke verbindet.

Nach Beendigung des Processes, nach etwa 15 Minuten langem Einblasen der Luft — es treten rothe Eisendämpfe auf — wird die Schlacke in Wagen gegossen und abgefahren.

Auf vier bis fünf Tonnen Stahl kommt eine Tonne Schlacke. Man unterscheidet Block- und Flussschlacke; erstere wird erhalten, wenn die flüssige Schlacke im Wagen langsam abkühlt, wodurch sie mürbe wird. Letztere Schlacke gewinnt man durch Abstechen der flüssigen Masse, welche schnell erkaltet und sehr hart wird; oft wird auch die Abkühlung durch Bespritzen mit Wasser beschleunigt, wodurch natürlich der Phosphorsäuregehalt der Schlacke sinkt. Nach v. Reis*) soll eine Schlacke gut mahlbar sein, wenn das Verhältniss $Fe_2O_3 : FeO < 1 : 3$, je mehr Fe_2O_3 überwiegt; überschreitet das FeO aber dieses Verhältniss, so wird die Schlacke hart. Manche Schlacken sind so hart, dass sie bei ihrer Verarbeitung in der Kugelmühle nicht zu zermahlen sind, sondern allmälig kugelförmig abgerieben werden; sie müssen auf dem Steinbrecher gebrochen oder zerklopft werden. Diese Knollen enthalten das Eisen fast nur in Form von Oxydul.

Der Gehalt der Thomasschlacke an Phosphorsäure hängt vom Phosphorsäuregehalte des Erzes bezw. vom Phosphorgehalte des Roheisens und in zweiter Linie vom Kalkzusatze ab. Die Schlacken sind deshalb verschieden zusammengesetzt: 12 bis 20 Proc. P_2O_5, 30 bis 50 Proc. CaO, 2 bis 20 Proc. SiO_2, 4 bis 30 Proc. $Fe_2O_3 + FeO$, 3 bis 15 Proc MnO, 2 bis 6 Proc. MgO, 0,2 bis 0,6 Proc. S, und bis $1^1/_2$ Proc. V_2O. Nach Hilgenstock (siehe 2, S. 1555) enthielt eine Durchschnittsschlacke 49,02 Proc. $Ca_4P_2O_9$, 15,85 Proc. $CaSiO_3$ und 11,00 Proc. freien CaO.

Der auf dem Stahl schwimmende und vorsichtig abzugiessende Rest der Schlacke wird Pfannenschlacke genannt; sie ist meistens löcherig

*) Zeitschr. f. angew. Chem. 1892, S. 229.

und enthält weniger Phosphorsäure und Kalk, aber mehr Eisen als die Hauptmasse. Der höchste Phosphorsäuregehalt findet sich nach Scheibler in den zuletzt erkalteten Theilen, also in der Mitte des Schlackenblocks.

Aussehen und Eigenschaften der Schlacke sind ebenfalls verschiedenartig, grau, braun und blau; bald blasig, fest und spröde, bald schieferig und mürbe. Hat man eine Schlacke nur von einem und demselben Stahlwerk zu verarbeiten, so lernt man bald, die Schlacke nach ihrem Aussehen und nach ihrer Härte auf ihren Phosphorsäuregehalt zu beurtheilen.

An der Luft zerfällt die Schlacke nach und nach, indem der Aetzkalk Feuchtigkeit und schliesslich Kohlensäure aus der Luft aufnimmt und Eisenoxydul sich oxydirt. Durch die Kohlensäure wird entgegen früherer Ansicht beim Zerfallen der Schlacke der vierbasisch-phosphorsaure Kalk, von dem wir sogleich hören, nicht zersetzt.

In den blasigen Hohlräumen der Schlacke finden sich oft dünne, durchscheinende Krystallblättchen und Tafeln von grauer, brauner oder blauer Farbe, die manchmal in einander gewachsen, manchmal flach ausgebreitet sind und die Härte 3,5 zeigen. Diese, dem Spatheisenstein sehr ähnlichen Krystalle, die Arens[15]) sowie Bücking und Linck*) für Kalksilicatphosphat hielten, sind nach Hilgenstock**) und nach v. Groddeck und Broockmann***) u. A. vierbasisch-phosphorsaurer Kalk, $Ca_4P_2O_9$, wie der Isoklas, mit 38,80 Proc. P_2O_5, von Hilgenstock künstlich durch Zusammenschmelzen von dreibasisch-phosphorsaurem Kalk oder von Phosphorsäureanhydrid mit der entsprechenden Menge Aetzkalk unter Zusatz von Flussspath erhalten†).

Bei weiteren Untersuchungen stellte sich heraus, dass auch die Schlacke selbst, wenn Aetzkalk im Ueberschusse zugesetzt war, die Phosphorsäure als vierbasisches Kalksalz enthielt. Die Magnesia ist ebenfalls als vierbasisch-phosphorsaures Salz vorhanden und als solches noch viel löslicher als die Kalkverbindung.

Diese Thomasschlacke hat nun in landwirthschaftlicher Beziehung eine grosse Bedeutung erlangt. Anfangs galt sie als werthlos und lag Jahre lang auf der Halde, da man sie wegen ihres hohen Eisen- und Kalkgehaltes nicht aufschliessen konnte††); an ihre directe Nutzbarmachung, die nicht vorauszusehen war, weil auch die Rohphosphate keine directe Düngewirkung zeigten, dachte vorläufig Niemand. Scheibler rieth, aus der Schlacke Präcipitat herzustellen (D. R.-P. Nr. 24130 und 25020); er behandelte 100 Thle. Thomasphosphatmehl mit 120 bis 150 Thln. Salzsäure und fällte die Phosphorsäure mit Kalkmilch. Franke empfahl, die Schlacke durch Chlormagnesium zu zer-

*) Stahl und Eisen 7, 245.
**) Ebend. 1883, S. 498.
***) Ebend. 1884, S. 141.
†) Jahresber. chem. Techn. 1887, S. 282.
††) Chem. Zeit. 1891, S. 564.

setzen (D. R.-P. Nr. 27 106) und die Phosphorsäure in phosphorsaure Magnesia überzuführen. E. Meyer forderte laut Pat. Nr. 47 984 dazu auf, die noch flüssige Schlacke mit dem gleichen Gewichte sauren schwefelsauren Kalis zu behandeln.

Dieser Zusatz soll die Zerkleinerung erleichtern, gleichzeitig die chemische Aufschliessung und den Düngewerth durch Zuführung von Kali erhöhen; es bleibt aber zu bedauern, dass sich bis jetzt im Interesse des die Schlacke benutzenden Landwirthes kein Stahlwerk dazu verstanden hat, diese Beimischung vorzunehmen, um so mehr diese Manipulation in den Betrieb nicht störend eingreifen würde. Wie wir unten sehen werden, beeinträchtigt eine Beimischung von Kalisalzen zum fertigen Mehle dessen Feinheit, von welcher der Wirkungswerth der Thomasphosphat-Phosphorsäure abhängig ist, und es würde durch obiges Verfahren das Ausstreuen des Mehles auf dem Felde nicht mehr unangenehm sein. Eigentlich bedarf es ja keiner chemischen Umwandlung des Thomasphosphats, aber die Vorzüge einer solchen meist zur Wiesendüngung verwandten Mischung sind unverkennbar.

Sämmtliche, theils werthlose Verfahren zur Erhöhung des Düngewerthes der Thomasschlacke anzuführen, liegt nicht in dem Plane dieser Arbeit; es muss in dieser Hinsicht auf die Literatur verwiesen werden*). v. Maltzan u. Bretschneider**) behaupteten, dass die Phosphorsäure der Thomasschlacke als eine durch Schmelzprocess entstandene die schwerlöslichste Form besässe. v. Reis***) und Arens [15]) wiesen nach, dass die Phosphorsäure neben kieselsaurem Kalk in kohlensäurehaltigem Wasser löslich ist, und datirt sich seit dieser Zeit die Einführung der feinst gemahlenen Schlacke als Düngemittel. In Citronensäure und Oxalsäure, wie in sauren und ammoniakalischen Citratlösungen ist die Phosphorsäure der Schlacke ebenfalls löslich, wie Jen'sch†) zeigte, jedoch ist auffallender Weise die Löslichkeit der harten Schlacke nicht so gross als die der weichen, und es hat sich ferner auch bei den durch P. Wagner ausgeführten Düngungsversuchen ergeben, dass die aus verschiedenen Werken stammenden Schlacken nicht den gleichen Wirkungswerth besitzen. Es wird sich die Nothwendigkeit herausstellen, neben dem Gesammtgehalte der Schlacke an Phosphorsäure auch einen gewissen Minimalgehalt an citratlöslicher Phosphorsäure den Consumenten zu garantiren. Die Fabrik soll dafür Garantie leisten, dass die Gesammt-Phosphorsäure des von ihr gelieferten Thomasphosphatmehles einen bestimmten Löslichkeitsgrad besitzt; es wird diese Löslichkeitsgarantie voraussichtlich auf 75 Proc. mit 5 Proc. Latitüde normirt werden. Die Schlacke vom Düdelinger Stahlwerk enthält z. B. 81 bis 90 Proc. lösliche Phosphorsäure (siehe S. 3).

---

*) Die Entphosphorung des Eisens von Dr. M. Fleischer, Berlin 1886.
**) Chem. Zeit. 1886, S. 83 und 358.
***) Ebend. S. 531.
†) Zeitschr. f. angew. Chem. 1889, S. 299 und 1890, S. 594.

Ist Liebig's Aufschliessungslehre der Phosphate von den Engländern ins Praktische übersetzt und wurde zuerst von ihnen Knochenmehl fabricirt, so gebührt uns der Ruhm, die Thomasschlacke, unser einheimisches Phosphat, zuerst für die Landwirthschaft nutzbar gemacht zu haben, und zwar hat dieses Verdienst G. Hoyermann, Hannover, in Anspruch genommen. Es wurden in Deutschland im ersten Productionsjahre 1886 schon 25 000 Tonnen, 1887 50 000 Tonnen, 1889 300 000 Tonnen, 1890 500 000 Tonnen und jetzt über 600 000 Tonnen Thomasphosphatmehl in etwa 40 Mahlwerken hergestellt. Jetzt befindet sich sämmtliche Schlacke in festen Händen. Im Frühjahr 1894 erlischt das Patent für das Thomasverfahren und es sind wieder neue Stahlwerke im Bau, wie in St. Ingbert, in Frankreich 3, in Belgien 4, deren Schlackenproduction massenhafte, sich gegenseitig überbietende Käufer findet.

In Hoerde fabricirt man sog. Patentphosphatmehl mit mindestens 24 Proc. Phosphorsäure nach den Scheibler'schen Patenten Nr. 34 416 und 41 303; es wird etwas weniger Kalk in den Converter gebracht, als zur vollständigen Entphosphorung nöthig ist, und diese hochprocentige Schlacke abgegossen. Nachdem dem Stahlbade die noch fehlende Kalkmenge hinzugesetzt ist, benutzt man diese geringprocentigr Schlacke wie auch gewöhnlich die Pfannenschlacke als Reductionsmittel im Hochofen bezw. Converter.

Um die Schlacke phosphorsäurereicher zu machen, setzt man in letzter Zeit anstatt des Kalks niedrigprocentige Phosphatkreiden dem Roheisen im Converter zu. Zum Schmelzen gebrachte Phosphatkreide — $CaCO_3$ schmilzt bei 1000°, $Ca_3(PO_4)_2$ bei 1900° — hat dieselbe Löslichkeit, als die beste Thomasschlacke; dieses Phosphat wird jedoch nur im Stahlwerksbetriebe Verwendung finden, weil die Herstellungskosten für diese „künstliche Thomasschlacke" sehr hohe sind (siehe S. 4). Das geglühte Phosphat besitzt dagegen nur eine Löslichkeit von 6, und die Phosphorsäure des gelöschten (siehe S. 2) eine solche von 1 bis 2.

Die Vermahlung der Thomasschlacke bot anfangs grosse Schwierigkeiten; man begann damit auf Cylindermühlen, Walzenmühlen und Kollergängen, mahlte dann auf letzteren vor und beendigte die Feinmahlung auf Mahlgängen. Da aber die Schlacke mit Stahlbrocken und -Körnern durchsetzt ist, hatte man viel Bruch und grosse Abnutzung, weshalb man dazu überging, den Stahl aus dem Mahlgut zu entfernen, und zwar versuchte man dies beim Sieben des letzteren durch Einschaltung von Magneten oder durch elektromagnetische Scheideapparate. Diese Einrichtung bewährte sich aber nicht, weil die Stahlabscheidung nicht vollständig und die oft vorzunehmende Reinigung der Magnete umständlich und betriebsstörend war. Seit 1888 mahlt man die Thomasschlacke nur in Kugelmühlen (siehe S. 42), bei denen die Abnutzung durch Anwendung von geschmiedeten oder gewalzten Stahlplatten und Stahlkugeln — die geschmiedeten halten länger als die gegossenen und springen nicht — sehr vermindert ist; ausserdem wird bei dieser Anlage das Auftreten

von Staub, welcher sich in Folge der physikalischen Beschaffenheit der Schlacke bei ihrer Zerkleinerung in grosser Menge bildet, durch Anbringung von Staubkammern oder Absaugrohren im Mahlraume fast ganz vermieden, zumal wenn man nach beendigtem Schlackeneinwurf den Trichter bedeckt, so dass die Gesundheit der Arbeiter nicht mehr wie früher beim complicirten Kollergangbetriebe leidet*). Man erhält etwa 1 Proc. der Schlacke als Staub mit 100 Proc. Feinmehl. Bei Staub verursachenden Arbeiten, wie z. B. beim Leerfahren der Mühlen, beim Leeren der Staubkammern wird von den Leuten der auf S. 52 beschriebene und wohl allgemein eingeführte Grell'sche Lungenschützer getragen.

Wer sich für die veralteten ersten Mahleinrichtungen mit ihrem umständlichen Betriebe interessirt, lese den Vortrag von H. Wedding, Berlin **).

Beim Kugelmühlenbetriebe werden die grossen Schlackenstücke von Hand mittelst 5 kg schwerer Hämmer zerschlagen — der Boden des Mahlwerkes ist mit Eisenplatten belegt — wobei man die Stahlbrocken ausliest und bei Seite wirft; es tritt hier weniger Staub auf als beim Brechen. Es gelangt aber immer noch ein grosser Theil Stahl in Körnerform in die Mühle.

Der Betrieb der Kugelmühle ist schon S. 46 beschrieben. Eine halbe Stunde vor Beendigung jeder Schicht wird die Mühle vom Material leer gefahren bezw. noch öfter, wenn die Schlacke stahlreich ist, d. h. der darin zurückgebliebene Rest wird bei laufendem Gange herausgelassen und in einer Siebtrommelanlage das Mehl vom Stahl, welcher durch das Mahlen mehr oder weniger abgeplattet ist, getrennt. Die höchste Aussiebung an Stahl betrug 3 Proc.

Früher liess man die grossen Schlackenstücke durch Lagern an der Luft zerfallen und mahlte den Gries nach Absonderung des Stahls auf Koller- oder Mahlgängen (siehe 2, S. 1026). Auf den Kugelmühlen ist jedoch diese zerfallene Schlacke, wenn sie den Witterungseinflüssen lange Zeit ausgesetzt war, sehr schlecht zu zerkleinern, da sie äusserst hart gewordene Körner enthält.

Die Feinheit des Mehles ist auf 75 Proc. zu bringen, und zwar mit dem durch M. Fleischer in Vorschlag gebrachten Siebe mit glattem Gewebe Nr. 100 von Amandus Kahl, Hamburg, mit einem Maschenabstande von 0,17 mm und einer Maschengrösse von 0,03 qmm. Die der Kugelmühle aufgelegten Feinsiebe enthalten zweckmässig nach dem Maschenzähler auf $^1/_2$ qcm $13 \times 17 = 231$ Maschen; man bezeichnet sie auch mit 60 und 65; diese Nummern bedeuten die Anzahl der Löcher auf laufende engl. Zolle. Das stählerne Vorsieb zählt nach obigem Maschenzähler gewöhnlich $7 \times 8 = 56$ Löcher.

Eine Siebcontrole ist unausgesetzt vorzunehmen, damit jedes Defectwerden der Siebe wie ein Lösen der Siebrahmen oder des Mannloch-

*) Ueber Thomasschlacken-Pneumonien von Dr. Ehrhardt, St. Ingbert, 1889.
**) Stahl und Eisen 1890, S. 310.

deckels rechtzeitig bemerkt wird. Zu dieser Controle werden die Säcke von je vier Mühlen von den betr. Müllern nach einer Wage, welche von

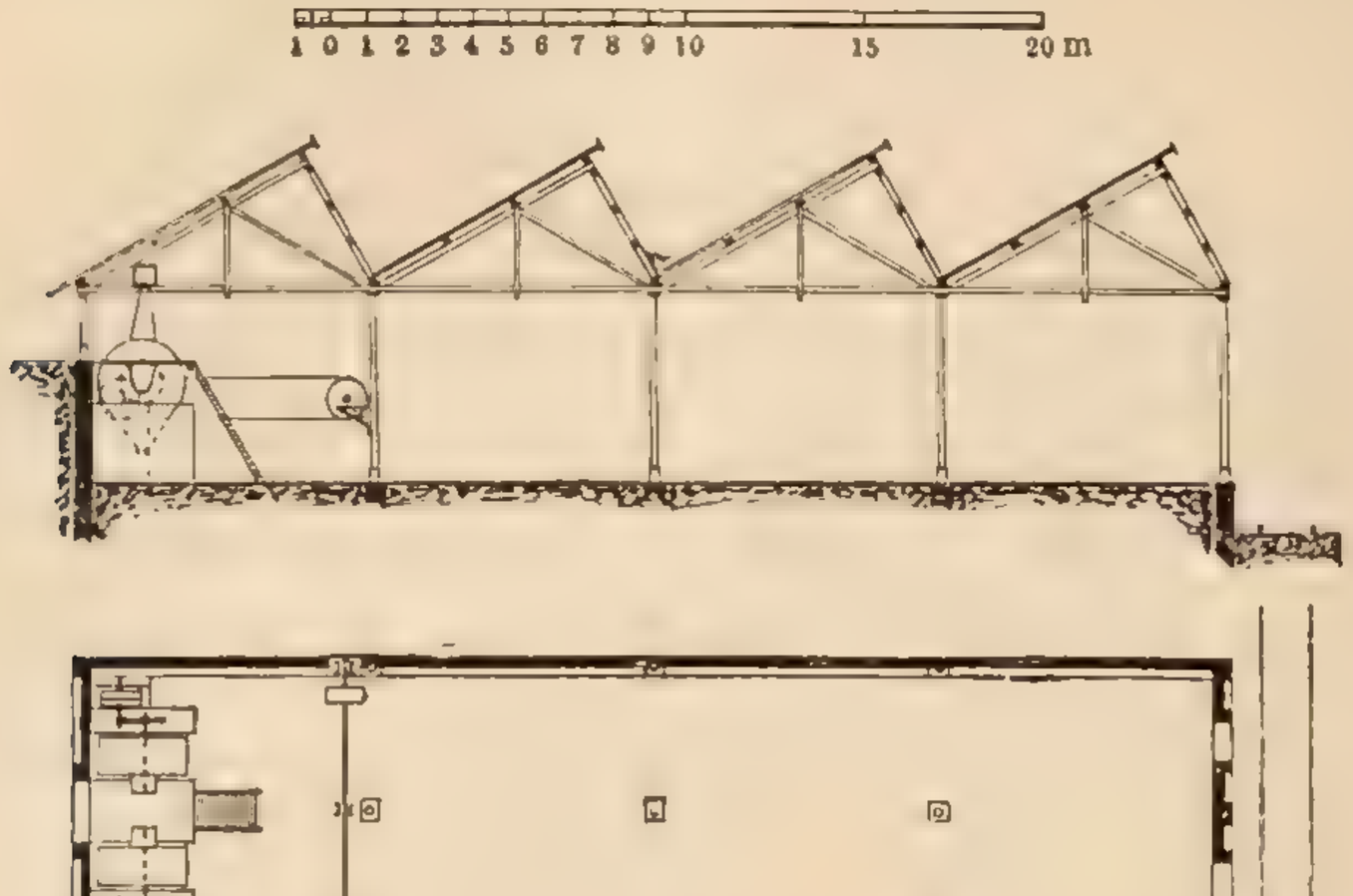


Fig. 55.

einem zuverlässigen Manne bedient wird, gefahren; dieser schreibt die Production jeder Mühle an, untersucht mit Hand und Sieb das Mehl

auf Feinheit und nimmt aus jedem Sacke eine kleine Probe in einen bereit stehenden Probekasten. Hiernach wird der Sack sofort abgefahren. Da das Mehl oft Monate lang auf Lager zu nehmen ist, so sind hierzu besonders starke, dicht gewebte und gut genähte Säcke auszusuchen und diese besonders zweckmässig zu lagern, hauptsächlich aber auch trocken, weil das Thomasphosphatmehl, in Folge seines Aetzkalkgehaltes, mit Wasser fest wird. Das gewöhnliche Sackmaass ist für 50 kg Füllung 45 × 70 cm, für 75 kg 45 × 90 und für 100 kg Füllung 50 × 90 cm.

Fig. 55 zeigt ein Mahlwerk, das man möglichst in unmittelbarer Nähe des Stahlwerkes baut, mit 10 grossen Kugelmühlen. Es gehören zu diesem Betriebe eine 300pferdige Zwillings-Dampfmaschine mit Condensation, zwei Dampfkessel mit je 150 qm Heizfläche, sowie eine Reparaturwerkstätte. Am besten eignet sich für Mühlen- und Maschinenraum der bekannte Shedbau; helles Licht an den Mühlen macht das Arbeiten daran leicht und schnell und die Staubkammern sind bequem unter dem mit Ziegeln gedeckten Dache unterzubringen. Den Lagerschuppen baut man billigst in Wellblechconstruction und geräumig genug, da die Abkühlung der frischen von den Convertern in Kippwagen angefahrenen und ausgestürzten, glühenden Schlackenmasse viel Zeit beansprucht und stets abgekühlte Schlacke vorräthig sein muss. Fig. 56 (a. f. S.) zeigt eine andere, von Gebr. Pfeiffer, Kaiserslautern, getroffene Anordnung; aus ihr ist ersichtlich, wie der Staub aus jeder einzelnen Mühle, an der Stelle, wo er entsteht, durch eine Ventilatorvorrichtung abgesogen, in einem Staubsammler gesammelt und abgefüllt wird, ähnlich wie in Cementfabriken.

Der in einigen Mühlen aufgestellte sogen. Cyklon-Staubsammler besteht aus einem Trichter, in dessen Inneren ein angenietetes Winkeleisen von oben spiralförmig hinunterläuft. Die staubhaltige Luft wird in den oberen Theil dieses Trichters eingeblasen, und zwar in der Richtung der Tangente; durch den entstehenden Wirbelwind werden die Staubtheile am unteren Ende des Staubsammlers abgelagert, während die Luft oben aus einer Oeffnung entweicht. Diese Ventilationsvorrichtungen sind jedoch kostspielig und complicirt und gewöhnlich läuft der Ventilator zu schnell — er soll nicht mehr als 200 Touren in der Minute machen —, man stellt besser nur eine Verbindung mit der Staubkammer her (s. S. 48).

Ist eine Mühle reparaturbedürftig geworden, so wird sie entweder auf Wagen, die auf Schienen laufen oder vermittelst Laufkrahns zur Werkstätte transportirt.

Man hält des schweren Betriebes wegen nur die Mittagspause inne, mahlt sonst aber, um nicht zu oft zu stoppen, unausgesetzt durch; die Müller können sich in den übrigen Pausen einander gegenseitig vertreten.

Die ganze Einrichtung des Mahlwerkes muss eine möglichst einfache sein und deshalb sind Mehltransportschnecken, wie mechanische Aufgebevorrichtungen hier ausser Benutzung zu lassen.

Eine 2000 mm-Mühle liefert von frischer Schlacke je nach deren Härte in 10 Stunden 10 000 bis 15 000 kg Mehl.

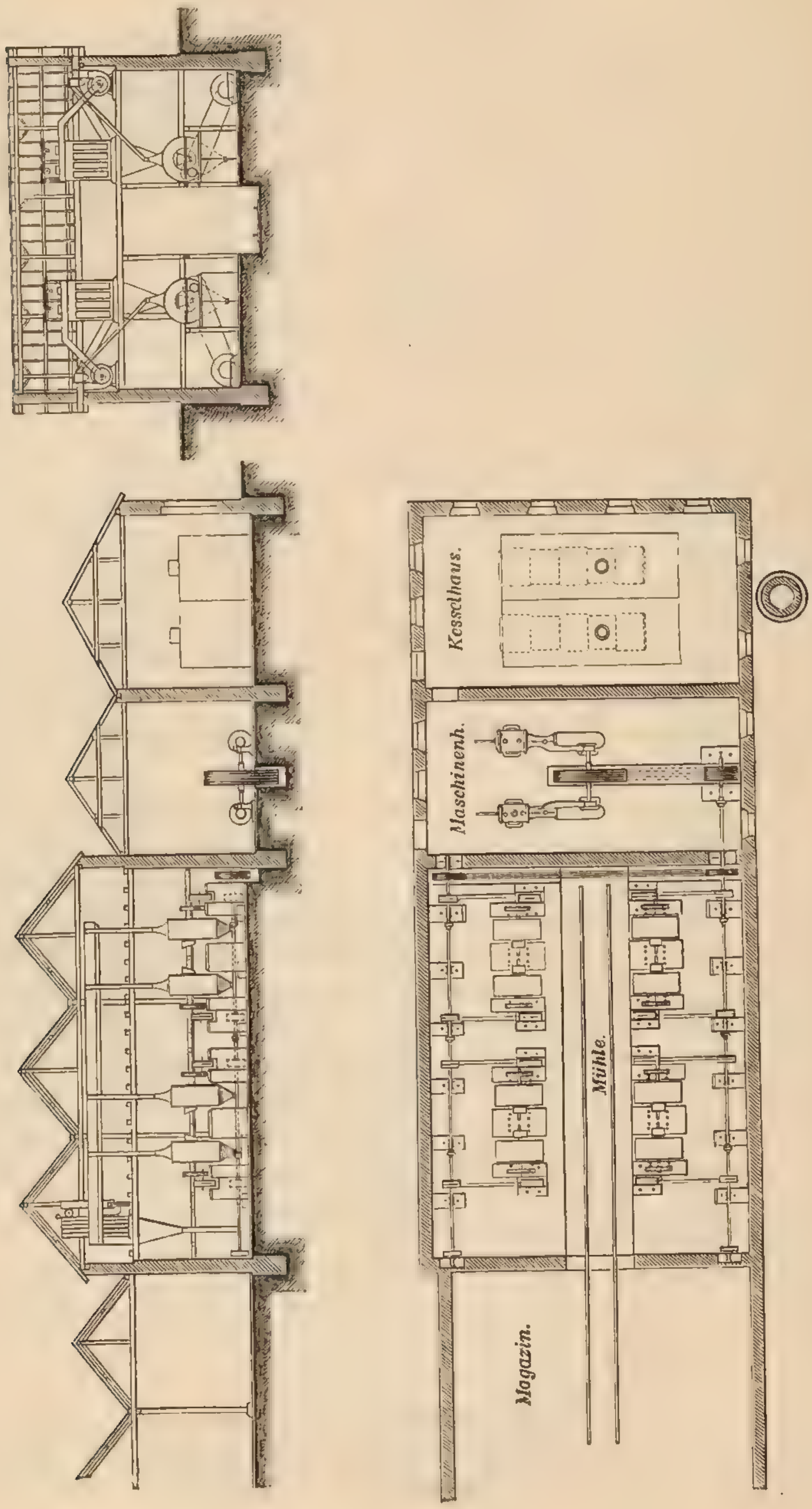


Fig. 56.

Ausser dem Schlosser- und Verladepersonal sind zum Betriebe etwa 30 Arbeiter einzustellen. Die Kosten einer Anlage im obigen Umfange belaufen sich auf rund 170 000 Mk.:

Gebäude mit 48 × 32 m = 1536 qm Grundfläche	30 720 Mk.
1 Condensationsdampfmaschine von 300 Pferdekräften	40 000 „
2 Flammrohrkessel	16 000 „
10 Kugelmühlen	70 000 „
Werkstätte	10 000 „
Utensilien	5 000 „
	171 720 Mk.

deren Verzinsung 33 111 Mk. beträgt (30 720 Mk. zu 5 Proc., 66 000 Mk. zu 10 Proc., 75 000 Mk. zu $33^1/_3$ Proc.).

Das Thomasphosphatmehl wird als solches verkauft, nicht in Mischungen mit anderen Nährstoffen, denn es wird mit Kalisalzen, die man mit dem Mehle zusammen als Wiesendünger verwendet, unter Erwärmung nach und nach fest (Einwirkung des Aetzkalkes auf das Chlormagnesium: es bildet sich hier Magnesiumoxychlorid, der bekannte Magnesiacement), und es findet in Mischung mit schwefelsaurem Ammoniak in Folge der Einwirkung des Aetzkalkes auf dasselbe Stickstoffverlust statt. Mit Salpeter gemischt, kann die Salpetersäure durch im Mehle enthaltenes feines Eisen zu Ammoniak reducirt werden, welches durch Aetzkalk ausgetrieben wird.

Das Thomasphosphatmehl kann freilich das Superphosphat nicht ersetzen, aber für beide Phosphorsäuredünger giebt es Specialverwendung; man verwendet ersteres auf kalkarmen leichten Sandböden, Moorböden und hauptsächlich auf Wiesen wie auch auf Kleefeldern und schweren Lehmböden, das Superphosphat zur Düngung von Getreide, Zuckerrüben, Kartoffeln, auf Thon- und Kalkböden.

Nach P. Wagner*) und Maercker sollen 2 Thle. der Thomasphosphat-Phosphorsäure durchschnittlich dieselbe Wirkung als etwa 1 Thl. Superphosphat-Phosphorsäure hervorrufen, d. h. wenn die Löslichkeit der ersteren = 75 ist. Dieses Verhältniss ist, wie wir wissen, natürlich nur von relativer Bedeutung. Wagner vergleicht die Thomasphosphat-Phosphorsäure in ihrer Wirkung sehr richtig mit organischem Stickstoff, die Superphosphat-Phosphorsäure mit Salpeterstickstoff.

Der Gehalt der Schlacke eines und desselben Stahlwerkes an Phosphorsäure ist, wie schon erwähnt, ein sehr wechselnder, und es ist daher durchaus unmöglich, stets genau nach einem gewünschten Gehalte zu liefern. Man verkauft deswegen nach dem Gehalte der betr. Ladung, wobei der Fabrikant sich dadurch sichert, dass er eine vor Zeugen im

*) Düngewerth der Thomasschlacke, Darmstadt 1888.

Waggon gezogene, möglichst grosse Durchschnittsprobe reservirt; die Rechnung wird nach dem Durchschnitt der Tagesanalysen des Mehles ausgestellt. Als Probestecher dienen eiserne oder messingene, der Länge nach ausgehöhlte, 5 mm dicke und 300 mm lange Nadeln, welche man in den Sack bohrt; die Löcher ziehen sich sogleich wieder zu.

Bei Verkäufen von Thomasphosphatmehl wird vereinbart, welche Latitüden zu gewähren sind; bei der Phosphorsäure kann $^1/_2$ Proc., beim Feinmehl 1 bis 3 Proc. fehlen, und es wird für das Kilogramm Phosphorsäure der facturirte Preis (augenblicklicher Grundpreis 22 Pfg.) und für ein fehlendes Procent Feinmehl 2,50 Mk. für 10000 kg Mehl vergütet. Compensirungen sind nur dann zulässig, wenn mehr Phosphorsäure als garantirt geliefert ist; enthält z. B. eine mit 15 Proc. P_2O_5 und 75 Proc. Feinmehl verkaufte Waare 15,7 Proc. P_2O_5 und 70 Proc. Feinmehl, so haben die mehr gelieferten 0,7 Proc. P_2O_5 für 10000 kg Mehl einen Werth von 15,40 Mk., während für die fehlenden 5 Proc. Feinmehl 12,50 Mk. zu vergüten wären. Ergiebt die Untersuchung aber nur 14 Proc. P_2O_5 und 81 Proc. Feinmehl, so ist das fehlende 1 Proc. Phosphorsäure zu vergüten.

Von den Gegnern der Thomasphosphatmehl-Düngung wird behauptet, dass das Schwefelcalcium und das Eisenoxydul dem Pflanzenwachsthume schädlich seien. Ersteres schadet nichts, weil sich in Folge des Kalküberschusses bei der Oxydation im Boden sofort schwefelsaurer Kalk bildet; über die angeblich schädliche Wirkung des letzteren ist wohl viel geschrieben, aber bis jetzt noch kein Beweis dafür erbracht worden, vielmehr hat sich im Laufe der Jahre herausgestellt, dass eine Gabe von 16 kg Eisenoxydul (= 65 kg Vitriol) auf 1 Hectar keine schädlichen Folgen hat*). Seit 1890 düngt man in Frankreich mit Eisenvitriol, sogar in Mischung mit Superphosphat, wozu sich aber der Vitriol nicht eignet, weil er sich leicht oxydirt und so ein Zurückgehen der löslichen Phosphorsäure verursacht. Anders liegt die Sache mit dem schwefelsauren Eisenoxydulammon (siehe S. 20). Das lösliche Eisen ist im Düngemittel werthvoll, denn erstens steht es in enger Beziehung zum Blattgrün der Pflanzen — wie es die rothe Farbe des Thierblutes bedingt — und vermehrt zweitens in gewissen Pflanzen den Gehalt an löslichen Kohlenhydraten, Holzfaser und Fett; das Chlorophyll bildet Stärke, welche in erstere Körper umgewandelt wird.

*) Zeitschr. f. angew. Chem. 1888, S. 452.

Führer durch die Untersuchungsmethoden der Düngemittel

an

Hand der Hallenser bez. Würzburger Vereinbarungen *).

Bei der grossen Bedeutung, welche die Phosphate besitzen, ist eine genaue Bestimmung ihrer Zusammensetzung, wie auch der aus denselben bereiteten Düngemittel und Mischungen mit Kali und Stickstoff geboten. Die Werthbestimmungen erfolgen auf Grundlage der analytisch festgestellten Zusammensetzung und es üben im Interesse der consumirenden Landwirthe die staatlich subventionirten Versuchsstationen, denen sich jede Düngerfabrik unterstellt, die Controle aus. Die Chemiker dieser Versuchsstationen und die der Fabriken haben sich bei ihren Untersuchungen genau an die gemeinsam vereinbarten und maassgebenden Methoden zu halten, denn einheitliche Methoden sind nöthig, um die bei verschiedenen Bestimmungsweisen unausbleiblichen Differenzen auf ein möglichst kleines Maass zu reduciren. Im Fabriklaboratorium arbeitet man jedoch aus Betriebsrücksichten nach Methoden, die am schnellsten ein genaues Resultat ergeben und deren event. Fehlergrössen bekannt sind.

Die Vereinbarungen sind folgende:

A. Vorbereitung der Proben im Laboratorium.

1. Trockene Proben von Phosphaten oder sonstigen künstlichen Düngemitteln dürfen gesiebt und dann gemischt werden.
2. Bei feuchten Düngemitteln, bei welchen dieses nicht zu erreichen ist, hat sich die Vorbereitung auf eine sorgfältige Durchmischung zu beschränken.
3. Bei Ankunft der Proben ist das Gewicht derselben zu bestimmen. Die eine Hälfte der Probe wird zur Analyse vorbereitet, die

*) Vom 21. bis 24. September 1891 bezw. vom 8. bis 10. September 1893.

andere bis zur Höhe von 1 kg in unvorbereitetem Zustande in dicht schliessenden Gläsern in einem kühlen Raume ein Vierteljahr, vom Tage der Absendung des Untersuchungsergebnisses gerechnet, aufbewahrt, soweit nicht durch besondere Verträge mit den Lieferanten der betr. Düngemittel oder sonstige Bestimmungen etwas Anderes festgesetzt ist.

4. Bei Rohphosphaten und Knochenkohle soll zum Nachweis der Identität der Wassergehalt bei 105 bis 110° bestimmt werden. Bei Proben, welche während des Trocknens Ammoniak in irgend welcher Form verlieren können, ist dieses ausserdem zu bestimmen.

Man wäge etwa 5 g Substanz ab, benutze zum Trocknen das Trockengläschen und trockne so lange, bis constantes Gewicht erreicht ist. Peruguano oder dergl. wird nach Frühling und Schulz wie folgt getrocknet: man wäge etwa 3 g in einem Porcellanschiffchen ab und bringe dasselbe in die Mitte einer Röhre, welche in einem Wasserbade liegt. Die Röhre ist an einem Ende mit einem Rohre geschlossen, das mit Bimssteinstücken und concentrirter Schwefelsäure gefüllt ist, an dem anderen Ende durch ein mit 10 cc Halbnormal-Schwefelsäure gefülltes Kugelrohr, welches mit einem Aspirator verbunden ist. Die vorgelegte Säure wird nach Beendigung des Trocknens, nach 1 bis 2 Stunden, mit Viertelnormal-Natronlauge titrirt und dadurch die Menge des aufgenommenen Ammoniaks, die von dem ermittelten Gesammtgewichtsverlust abgezogen wird, bestimmt.

5. Es ist dahin zu wirken, dass, soweit es sich um die Feststellung des Gehaltes bei der Controle handelt, den untersuchenden Chemikern nur sorgfältig entnommene, in dicht schliessende Glasgefässe verpackte Durchschnittsmuster von wenigstens 250 bis 500 g übersendet werden.
6. Das Gewicht der eingesendeten Proben ist in den Untersuchungsattesten anzugeben.
7. Bei Substanzen, welche beim Pulvern ihren Wassergehalt ändern, muss sowohl in der feinen wie in der groben Substanz der Wassergehalt bestimmt und das Resultat der Analyse auf den Wassergehalt der ursprünglichen groben Substanz umgerechnet werden.

B. Die Untersuchung phosphorsäurehaltiger Düngemittel.

1. Die Extraction der Superphosphate soll in der Weise geschehen, dass 20 g Superphosphat in eine Literflasche gebracht, mit 800 cc Wasser übergossen und 30 Minuten lang fortwährend und kräftig geschüttelt werden. Sodann wird mit Wasser bis

zur Marke aufgefüllt, die gesammte Flüssigkeit kräftig durchgeschüttelt und filtrirt.

Feuchte Proben Superphosphat, bei denen ein Sieben nicht angeht, werden in der Reibschale innig durch einander gerieben; hiervon wird abgewogen.

Das Volumen des ungelöst gebliebenen Rückstandes bleibt bei der späteren Berechnung unberücksichtigt.

Wie sehr die Befunde der Bestimmungen der wasserlöslichen Phosphorsäure bei verschiedener Behandlung des Superphosphats schwanken, ist aus der Chem.-Ztg. Nr. 34, S. 528, zu ersehen. Bei gleichmässiger Behandlung nach obiger Vorschrift stimmen die Resultate sehr gut überein (siehe Zeitschr. f. angew. Chem. 1892, S. 62).

Will man die wasserlösliche Phosphorsäure genau bestimmen, so lauge man das Superphosphat aus*): man zerreibe dasselbe mit etwas Wasser lose mit dem Pistill in der Reibschale, spüle auf ein Filter und wasche mit kaltem Wasser so lange aus, bis das zuletzt Ablaufende nicht mehr sauer reagirt. Trübt sich das erste Filtrat mit dem Waschwasser, so löse man die Trübung von $FePO_4$, $AlPO_4$ durch etwas Salpetersäure, bringe auf ein bestimmtes Volumen und mische. Man nehme bei feinpulveriger, gleichartiger Waare 5 g : 250 cc, bei weniger gleichartiger 10 oder 20 g : 500 bezw. 1000 cc.

Nach Stoklasa (siehe S. 6) wird 1 Thl. saurer phosphorsaurer Kalk ohne Zersetzung von 200 Thln. Wasser gelöst und er empfiehlt deshalb, bis zu 14procentigem Superphosphat 20 g zum Liter zu lösen, von höherprocentigem aber nur 10 g zu verwenden, was unbedingt richtiger ist, als die stete Verwendung von 20 g.

Zum Ausschütteln der Superphosphate bedient man sich einer mechanisch zu betreibenden Schüttelvorrichtung (siehe Zeitschr. f. angew. Chemie 1889, S. 640; 1891, S. 43 und 1893, S. 67**).

2. Die Lösungen von Doppelsuperphosphaten müssen vor der Fällung der Phosphorsäure mit Salpetersäure gekocht werden, um die etwa vorhandene Pyrophosphorsäure in Orthophosphorsäure umzuwandeln. Auf 25 cc Lösung des Superphosphats = 0,5 g Substanz sind 10 cc Salpetersäure 1,19 zu verwenden.

Man erhitze eine Stunde lang auf dem Sandbade, nachdem man die Salpetersäure-Mischung mit etwa 50 cc Wasser verdünnt hat.

Pyrophosphorsäure wird weder durch Molybdän noch durch Magnesia gefällt.

Will man das Citratverfahren (s. S. 124) anwenden, so nehme man höchstens 10 cc Salpetersäure, da Nitrate — wie Chloride — die Fällung verzögern, mache stark ammoniakalisch und säure wieder schwach an.

---

*) Fresenius, Quant. Anal. 2, 697.

**) Laboratoriums-Turbinen für Rühr- und Schüttelvorrichtungen liefert E. A. Lentz, Berlin C.

3. Als Grundlage für alle Phosphorsäurebestimmungen ist die bewährte Molybdänmethode zu betrachten und es ist bei Schiedsanalysen nur diese Methode zulässig*). — Die Bestimmung der Phosphorsäure kann auch nach dem Citratverfahren ausgeführt werden.

Bestimmung der wasserlöslichen Phosphorsäure.

Man versetze 25 bezw. 50 cc Filtrat (siehe B. 1) mit etwa 10 cc Ammoniak, mache stark salpetersauer und setze so viel wässerige Molybdänlösung hinzu, dass auf 0,1 g P_2O_5 50 cc kommen, oder man setze zu 50 cc Filtrat 200 cc salpetersaure Molybdänlösung und erwärme 10 Minuten lang auf 90°. Nach dem Erkalten, nach $^1/_2$ bis 1 Stunde, bei blanker, überstehender Flüssigkeit, filtrirt man ab, wäscht zuerst mit Molybdänwasser und dann mit kaltem Wasser aus, bis eine Probe des Filtrats keine Kalkreaction mehr zeigt: 1 cc des Waschwassers darf mit 10 cc absolutem Alkohol, der mit ein paar Tropfen Schwefelsäure angesäuert ist, keine Trübung geben. Den Inhalt des Filters löst man nun auf diesem in möglichst wenig 10 proc. Ammoniakwasser; molybdänsaures Ammon muss vollständig ausgewaschen sein: man säuert einen Tropfen des Filtrats auf einer Glas- oder Porcellanplatte mit Salzsäure an und setzt einen Tropfen Blutlaugensalzlösung hinzu. Molybdän verursacht Rothfärbung.

Aus der klaren, ganz schwach ammoniakalischen Lösung, etwa 150 cc Volum, fällt man unter Umrühren die Phosphorsäure tropfenweise durch im Ueberschuss zugesetzte Magnesialösung, auf 0,1 g P_2O_5 10 cc, lässt so lange stehen, bis sich der Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia vollständig abgesetzt hat, filtrirt ab und wäscht mit $2^1/_2$ Proc. Ammoniakwasser aus, bis das Filtrat chlorfrei ist. Die Prüfung erfolgt in 10 cc einer Mischung von 10 cc Silbernitratlösung (1 : 20) und 90 cc Salpetersäure (1,2), welche man in einem Reagensglase mit 10 cc Waschwasser überschüttet; erscheint an der Berührungsstelle eine weisse Zone, so ist noch Chlor vorhanden. Darauf trocknet man, wenn man nicht den Gooch'schen Tiegel benutzen will, bei 100° und glüht**) 20 Minuten lang scharf, bis die Masse weiss geworden ist, und bis zum constanten Gewicht; nach beendetem Glühen und Wägen betupft man den Niederschlag mit neutraler salpetersaurer Silberlösung: es darf keine Gelbfärbung eintreten. Eine dunkle Färbung der geglühten Masse rührt von Molybdänsäure her.

Man fällt am besten aus etwas erwärmter, dann kalt gestellter Lösung, wodurch ein krystallinischer Niederschlag erhalten wird***); die

---

*) Landwirthschaftl. Versuchsstationen **42**, 102.

**) Steht kein Gas zur Verfügung, so bediene man sich der Spiritus-Bunsenbrenner oder Benzinlampen von Gustav Barthel, Dresden.

***) Chem.-Ztg. 1892, S. 109.

gehegte Befürchtung einer basischen Salzbildung in Folge der Wärme ist, wenn gerade nicht gekocht wird, hinfällig, nur erfolgt die Ausscheidung in der Wärme langsam. Die Lösung des Molybdänniederschlages in Ammoniak darf nicht concentrirt sein, da sich sonst durch die Magnesialösung $Mg(NH_4)_4(PO_4)_2$ bilden kann, welches Salz beim Glühen in $Mg(PO_3)_2$ und in $Mg_2P_2O_7 + P_2O_5$ — letztere verflüchtigt sich — zersetzt wird.

Im Betriebe wendet man vielfach die Emmerling'sche Methode*) zur Phosphorsäurebestimmung an, welche wohl überall bekannt ist.

Ferner kann man die Phosphorsäure durch Titriren des gelben reinen Phosphorsäure-Molybdänniederschlages mit Lauge bestimmen**). Na_2HPO_4 röthet Phenolphtaleïn nicht, wohl aber das dann folgende Na_3PO_4; 1 cc Normallauge = 0,003077 g P_2O_5.

Bestimmung der Gesammt-Phosphorsäure (siehe B. 5).

4. Für die Feuchtigkeitsbestimmung der Superphosphate werden 10 g der Probe drei Stunden lang auf 100° erhitzt; der Gewichtsverlust gilt als Feuchtigkeit.

Diese Bestimmung ist natürlich nicht genau, da erstens drei Stunden Trockenzeit nicht genügen und ferner neben dem hygroskopischen Wasser auch Krystallwasser des Gypses fortgeht.

5. Zur Bestimmung der Phosphorsäure im Knochenmehl, Fischguano, Fleischdünger, in Rohphosphaten und der Gesammt-Phosphorsäure in Superphosphaten werden 5 g in 50 cc Königswasser (3 Thle. HCl, 1,12 + 1 Thl. HNO_3, 1,25) oder mit 20 cc Salpetersäure 1,42 und 50 cc Schwefelsäure 1,8 eine halbe Stunde gekocht.

Man löse obige 5 g im Halbliterkolben und verdünne nach dem Erkalten mit Wasser zur Marke, mache 50 cc Filtrat stark ammoniakalisch, dann stark salpetersauer und verfahre wie oben.

In eisenfreien Lösungen erfolgt die vollständige Fällung durch Molybdänlösung schon in der Kälte; sind aber grössere Mengen Eisen vorhanden, so ist eine Temperatur von 90° nöthig, die man schon beim Ansäuern der ammoniakalischen Lösung erreicht. Höhere Temperatur, sowie Mangel an Salpetersäure, zu starke Concentration oder zu langes Stehenlassen der Lösung bewirken ein Ausscheiden von Molybdänsäure. Bei über 100° kann die Salpetersäure das entstandene Chlorammonium zersetzen und es wirkt die gebildete Salzsäure lösend auf den gelben Niederschlag, der dann roth wird.

---

*) Landwirthsch. Versuchsstationen 1886, S. 429.
**) Chem.-Ztg. 1894, S. 506.

Die Ausscheidung der Molybdänsäure ist durch Citronensäure, welche man der Molybdänlösung mit 20 Proc. zusetzt, zu verhindern; es muss aber zur vollständigen Ausfällung der Phosphorsäure die salzsäurefreie Flüssigkeit 10 Minuten lang gekocht werden *).

Eine Abscheidung der Kieselsäure vor Ausfällung der Phosphorsäure ist für genaue Bestimmungen unbedingt nöthig. Man nahm bisher an, dass ihre Molybdänverbindung in Wasser vollständig löslich sei, sie also beim Auswaschen leicht ganz zu entfernen wäre, jedoch hat sich herausgestellt, dass diese Lösung recht langsam vor sich geht, so dass der gelbe Niederschlag bei kieselsäurehaltiger Phosphatlösung immer in Ammoniak lösliche Kieselsäure enthält, wenn man nicht 10 Stunden lang auswaschen will; dann geht aber auch wieder etwas Phosphorsäure verloren.

Verwendet man Schwefelsäure als Lösungsmittel, so bleibt die Kieselsäure ungelöst bezw. wird sie durch Kochen unlöslich.

Citratmethode.

50 cc Superphosphatlösung = 1 g Substanz werden mit 50 cc Maercker'scher Lösung und dann mit überschüssiger Magnesiamischung versetzt, auf 0,1 g P_2O_5 20 cc. Um die Fällung zu beschleunigen, lässt man eine halbe Stunde lang durch ein Rührwerk **) rühren oder schüttelt die phosphorsaure Ammonmagnesia aus.

Die Phosphate schliesst man mit Schwefelsäure auf (siehe S. 129).

Die Citratmethode ist eine sogenannte Compensationsmethode. Die Citronensäure soll das Mitfallen von Kalk, Eisen und Thonerde verhindern, jedoch fällt immer ein Theil dieser Basen, hauptsächlich Kalk in kalkreichen Lösungen, mit nieder, während sich dafür ein Theil der Phosphorsäure der Fällung entzieht. Es ist daher eine Abscheidung des Kalkes durch Schwefelsäure sehr angebracht ***).

Will man das Resultat schnell erhalten, so titrire man den Niederschlag von phosphorsaurer Ammonmagnesia, der Kieselsäure enthalten kann, mit Uranlösung. Man löse den Niederschlag auf dem Filter in wenig Essigsäure, verdünne das Filtrat zu etwa 200 cc und führe zwei Titrationen aus. Bei der ersten setze man 1 zu 1 cc hinzu und nehme von der zum Kochen gebrachten Lösung einen Tropfen auf einen Porcellanteller oder besser noch auf ein zu diesem Zwecke bereitetes Tupfpapier (Nr. 601 von Schleicher u. Schüll, Düren), auf dem sich einige Körnchen von pulverisirtem gelben Blutlaugensalz befinden. Sowie die Reaction, wie bei der Titerstellung, schwach eingetreten ist,

*) Zeitschr. f. angew. Chem. 1888, S. 361.

**) Zeitschr. f. anal. Chemie 29, 589; Zeitschr. f. angew. Chemie 1890, S. 259 und 1892, S. 699; Chem.-Ztg. 1893, S. 1070.

***) Zeitschr. f. angew. Chemie 1889, S. 702 und 1890, S. 19.

nimmt man die zweite Titration vor, indem man die fast ganz erforderliche Menge Uranlösung mit einem Male zusetzt.

Auch kann man den Niederschlag von $MgNH_4PO_4$ mit Säure titriren*) (siehe S. 9).

C. Bestimmung von Eisen und Thonerde in Rohphosphaten und Guano.

Das Glaser'sche Verfahren**) wird vorläufig für maassgebend erklärt und soll die Einführung unverzüglich erfolgen.

Nach Prüfung der Methode***) sind noch einige wesentliche Aenderungen getroffen und ist folgende von Glaser-Jones-Stutzer allgemein im Gebrauch: Man löse 10 g Phosphat in Königswasser und verdünne diese Lösung mit Wasser zum halben Liter. 50 cc des Filtrats = 1 g Phosphat werden im Becherglase auf die Hälfte eingedampft und noch heiss mit 10 cc verdünnter Schwefelsäure (1 : 5) versetzt. Nach dem Umschütteln fügt man 150 cc 95 procentigen Alkohol hinzu und lässt nach nochmaligem Umrühren mindestens drei Stunden stehen. Ausgeschiedener Gyps wird in einen Erlenmeyer'schen Halbliterkolben abfiltrirt und mit Alkohol ausgewaschen; das Auswaschen ist beendet, wenn die letzten zehn Tropfen nach Verdünnung mit dem gleichen Volum Wasser durch einen Tropfen Methylorangelösung nicht mehr geröthet werden.

Der Alkohol wird nun abdestillirt — da er mit HCl bezw. HNO_3 und deren Zersetzungsproducten verunreinigt ist, so kann er erst nach nochmaliger Destillation über Soda wieder benutzt werden. Der Destillationsrückstand wird in ein Becherglas gespült und mit Ammoniak schwach übersättigt, wobei $FePO_4$, $AlPO_4$, NH_4MgPO_4 ausfallen. Durch hierauf erfolgendes Erhitzen bis zur schwach sauren Reaction verjagt man nun alles freie Ammoniak und es bildet sich NH_4HSO_4, welches $MgNH_4PO_4$ wieder in Lösung bringt. Man filtrirt sofort ab und wäscht viermal mit kochendem Wasser aus, das man mit umgekehrter Spritzflasche aufgiesst, um den Niederschlag nicht aufzurühren.

Ist die Phosphatlösung frei von organischer Substanz — diese verhindert die Ausfällung der Thonerde —, so verfahre man weiter nach Stutzer (Zeitschr. f. angew. Chemie 1890, S. 43) wie folgt, anderenfalls glühe und wäge man die Sesquioxyde als Phosphate und bringe die Hälfte des Glührückstandes als $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ in Anrechnung.

Man wirft nach Stutzer das Filter mit den Sesquioxydphosphaten in ein Becherglas, löst in Salpetersäure und fällt mit möglichst wenig Molybdänlösung. Der gelbe Niederschlag wird abfiltrirt, das Filtrat nicht zu schwach ammoniakalisch gemacht und 10 Minuten lang im

*) Chem.-Ztg. 1894, S. 445.
**) Zeitschr. f. angew. Chemie 1889, S. 636.
***) Ebend. 1891, S. 3.

Wasserbade erwärmt. $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ werden abfiltrirt, geglüht und gewogen. Manchmal ist der Niederschlag durch geringe Mengen MoO_3 verunreinigt, man löst daher zur völligen Entfernung derselben nochmals in Salzsäure und fällt wie vorhin.

Zur Bestimmung des Eisenoxydes, welches für uns Hauptbedeutung hat (siehe S. 11), löst man den Niederschlag in verdünnter Schwefelsäure, reducirt durch eisenfreies amalgamirtes Zink und titrirt mit Zehntel-Permanganat. Aus der Differenz findet man die Thonerde.

Einfacher und nicht weniger genau als die obige Alkoholmethode ist das sog. Molybdänverfahren, welches zuerst Stutzer veröffentlicht (siehe oben) und später Mac Elroy*) weiter ausgearbeitet hat.

100 cc (= 1 g Substanz) einer salpetersauren Lösung der Substanz versetzt man im Halbliterkolben mit so viel Molybdänlösung, bis alle Phosphorsäure ausgefällt ist. Nachdem zur Marke aufgefüllt, filtrirt man ab, versetzt 200 cc Filtrat mit etwas salpetersaurem Ammoniak und fügt vorsichtig Ammoniak hinzu, wobei man die Flüssigkeit so kalt als möglich hält, um die Abscheidung von Molybdänsäure zu verhindern. $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ werden gefällt, abfiltrirt und ausgewaschen; man löst nun zweckmässig nochmals in einigen Cubikcentimetern einer Lösung von salpetersaurem Ammoniak in verdünnter Salpetersäure, fällt wieder mit Ammoniak, wäscht, glüht und wägt den MoO_3 freien Niederschlag. Nach der Wägung kann man die Oxyde mit Natriumbisulfat schmelzen, in Wasser lösen und das Eisen titriren.

Von Interesse sind die Resultate der früher gebräuchlichen, jetzt nicht mehr angewandten Essigsäuremethode**), welche von deutschen, englischen, französischen und belgischen Chemikern von einem und demselben Phosphatmuster erhalten wurden neben gleichzeitiger Anführung der Befunde an dreibasisch-phosphorsaurem Kalk, um zu zeigen, wie sehr die Befunde differiren können:

Hugo Schulz, Magdeburg	2,50 + 72,37
O. Pieper, Hamburg	1,75 + 71,80
Ulex, Hamburg	2,00 + 71,34
Stutzer, Bonn	2,46 + 73,95
Teschenmaker and Denhoun Smith, London	2,12 + 72,26
Alfr. Sibson, London	2,64 + 73,30
A. Woelcker and Son, London	2,10 + 72,74
John Hugues, London	1,95 + 72,14
Coman and Newton, London	2,81 + 72,89
A. P. Aitken, Edinburg	2,60 + 74,29
Maret et Delattre, Paris	2,12 + 72,73
Petermann, Gembloux	2,24 + 73,61
A. Beyer, Antwerpen	1,54 + 72,69
Crispo, Antwerpen	1,50 + 72,43

*) Chem.-Ztg. Rep. 1892, S. 33. — **) Chem.-Ztg. 1888, S. 99.

Man ersieht hieraus, wie gerechtfertigt die Gewährung der Latitüde ist.

Im Superphosphat bestimmt man neben der Gesammtphosphorsäure die wasserlösliche, eventuell auch noch die zurückgegangene sog. citratlösliche Phosphorsäure und somit auch die wirklich unlöslich gebliebene. Die in Belgien und Frankreich übliche Bestimmung der citratlöslichen Phosphorsäure, welche aber auf Genauigkeit keinen Anspruch macht, erfolgt mit der Petermann'schen alkalischen Citratlösung.

Man zerreibt vom Superphosphat 5 g, von Mischungen 10 g in einer Reibschale mit 100 cc Petermann'schen Citratlösung, spült den Brei in einen Viertelliterkolben und digerirt eine Stunde bei 40 bis 50°. Dann wird zur Marke aufgefüllt, filtrirt und in 50 cc Filtrat die Phosphorsäure mit Magnesiamischung gefällt.

Wir finden auf diese Weise die lösliche Phosphorsäure mit, welche in Abzug zu bringen ist.

P. Wagner schlägt vor, zur Werthschätzung des Superphosphats die Summe der wasserlöslichen und zurückgegangenen Phosphorsäure mit „lösliche" Phosphorsäure zu bezeichnen und diese mittelst seiner sauren Citratlösung — die wie der saure Zellsaft der Pflanzenwurzeln wirken soll — zu bestimmen. Man verreibe 5 g Superphosphat mit verdünnter saurer Citratlösung und spüle in eine Halbliterflasche, die man mit verdünnter Citratlösung bis zur Marke anfüllt. Nach 18 Stunden, in welcher Zeit bei Zimmertemperatur öfter umzuschütteln ist, filtrirt man ab und versetzt 50 cc Filtrat mit so viel salpetersaurer Molybdänlösung, dass auf je 0,001 g P_2O_5 nicht weniger als 1 cc davon kommen (bei 15procentigem Superphosphat mindestens 75 cc). Dann fügt man noch den vierten Theil des Gesammtvolums der Flüssigkeit concentrirte salpetersaure Ammoniaklösung hinzu u. s. w.

Bestimmung der freien Phosphorsäure im Superphosphat*).

5 g Superphosphat werden in getrocknetem Zustande in einem Kolben mit absolutem Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur zwei Stunden lang geschüttelt. Nach dem Filtriren und Verdunsten des Alkohols wird der erhaltene saure Rückstand, die freie Phosphorsäure, mit Wasser aufgenommen, filtrirt und im Filtrate die Phosphorsäure mit Magnesiamischung gefällt.

---

*) Zeitschr. f. angew. Chemie 1888, S. 91.

Weitere Untersuchungen des Phosphats.

Bestimmung des Kalks*).

Man schüttet den bei der Glaser'schen Methode erhaltenen schwefelsauren Kalk noch feucht in eine Platinschale, legt das Filter darauf, brennt den Alkohol weg und glüht bei mässiger Flamme bis zum constanten Gewicht.

Bestimmung der Magnesia.

Das letzte Filtrat von der $Fe_2O_3 + Al_2O_3$-Bestimmung (s. S. 125), übersättigt man mit Ammoniak und lässt 12 Stunden stehen. Die Magnesia fällt als $MgNH_4PO_4$ aus und wird abfiltrirt und geglüht.

Da die Phosphate meistens wenig Magnesia enthalten, ist diese Bestimmungsmethode genau genug, jedoch wird bei grösseren Mengen, bei über 6 Proc. MgO, der Gyps magnesiahaltig und in diesem Falle muss eine genaue Methode angewandt werden.

Bestimmung der Kohlensäure.

Sie erfolgt bei einem Gehalte bis 10 Proc. $CaCO_3$ in 1,7 g im Scheibler'schen Apparate oder gewichtsanalytisch in dem von Geissler. Bei höherem Gehalt bedient man sich unter der grossen Auswahl von Apparaten des Kolbe'schen und des von Jäger u. Krüss**), welcher letzterer in wenigen Minuten gute Resultate giebt.

Lunge***) empfiehlt sein Calcimeter, das immer mehr in Aufnahme kommt, da es kein genaueres und schnelleres Arbeiten mit grossen und kleinen Mengen Kohlensäure als mit diesem Apparate giebt. Das Princip des Apparates ist: Austreibung der Kohlensäure durch gleichzeitige Wirkung von Luftverdünnung und Erwärmen, sowie Vervollständigung der Wirkung durch Entwickelung von Wasserstoff durch $^1/_{10}$ g Aluminiumdraht; Messen des Gesammtgasvolums, Absorption der Kohlensäure und Zurückmessen des Gases.

Bestimmung der Kieselsäure.

1. Der löslichen:

100 cc bezw. 50 cc des unter 5. erhaltenen Filtrats dampft man auf dem Wasserbade ein, bis keine sauren Dämpfe mehr entweichen, nimmt mit Wasser auf und filtrirt die Kieselsäure ab.

---

*) Zeitschr. f. angew. Chemie 1889, S. 357.

**) Zeitschr. f. anal. Chemie 27, 721; Zeitschr. f. angew. Chemie 1891, S. 229.

***) Zeitschr. f. angew. Chemie 1890, S. 139.

2. Der unlöslichen:

Der in Säuren unlösliche Rückstand wird mit kohlensaurem Natronkali aufgeschlossen *).

Die Bestimmung des Chlors bezw. des Fluors*),

wie auch die der Alkalien wird in Phosphaten nur selten, nur zur Beurtheilung eines neu gefundenen Phosphats ausgeführt.

Die Untersuchung des Thomasphosphatmehles

erstreckt sich für den Handel auf Phosphorsäure und auf Feinmehl, sowie auf unerlaubte Beimischungen durch schwer lösliches Phosphorsäurematerial. Die Vereinbarungen lauten:

a) Behufs Bestimmung der Phosphorsäure gehen die Ansichten über das lösende Mittel so weit aus einander, dass keine Einigung erzielt wird. Es ist das Aufschliessen mit concentrirter Schwefelsäure nicht mehr zu empfehlen, als das Lösen in Salzsäure nach Müller'scher Vorschrift.

Man hat Königswasser und Salpetersäure als Lösungsmittel ausgeschlossen, weil dadurch Phosphoreisen gelöst und zu Phosphorsäure oxydirt werden soll **), das sich aber in der Thomasschlacke gar nicht vorfindet, wenigstens habe ich solches in einigen hundert Schlackenproben nicht finden können. Schwefelsäure ist von der Chemikerversammlung in Hannover 1889 verworfen, weil bei diesem Aufschluss vom ausgeschiedenen Gyps Substanz eingeschlossen werden könnte und das Volumen durch diesen Gyps verändert würde. Diese „Loges'sche Schwefelsäure-Aufschliessmethode" ist aber dennoch allgemein eingeführt, auch von den meisten Versuchsstationen ***), weil es eben im Gegensatz zum complicirten Molybdänverfahren keine bequemere und billigere Methode giebt als diese und solche überhaupt im Betriebe gar nicht zu entbehren ist. Salzsäure kann man als Lösungsmittel nicht verwenden, da sie die sämmtlichen vielen fremden Bestandtheile der Schlacke löst, wodurch der Magnesianiederschlag verunreinigt wird, und zwar soll diese Verunreinigung nach Emmerling im Mittel 6,3 Proc. der pyrophosphorsauren Magnesia betragen. Die Salzsäure eignet sich auch deshalb nicht gut für die Anwendung der Citratmethode, weil die gelöste Kieselsäure wieder entfernt werden müsste und zur vollständigen Ausfällung der Phosphorsäure viel Zeit erforderlich ist (siehe S. 124).

Ist die Probe fein genug, so ist der Einschluss von Phosphat seitens des amorphen schwefelsauren Kalks bedeutungslos; ferner ist das Gyps-

---

*) Zeitschr. f. angew. Chemie 1890, S. 615; Chem.-Ztg. 1891, S. 1521 und 1714.

**) Zeitschr. f. angew. Chemie 1888, S. 354.

***) Beschluss der 6. Hauptversammlung des Verbandes landwirthschaftlicher Versuchsstationen in Würzburg 1893.

volumen ziemlich constant, denn das Mittel aus 40 Bestimmungen betrug bei Anwendung von 5 g Schlacke 2,1 cc, was bei 20 Proc. P_2O_5 0,17 Proc. ausmacht; es stimmen die Resultate unter sich und überhaupt mit denen nach der Molybdänmethode erhaltenen überein, trotzdem das Citratverfahren nicht wissenschaftlich genau ist. Die Bestimmungsweise ist folgende: Man bringe in einen kleinen Erlenmeyer-Kolben mit weitem Halse 25 cc Schwefelsäure 1,84, setze unter vorsichtigem Umschütteln 5 g feinst zerriebenes Mehl hinzu und erhitze über freier Flamme unter fortwährendem Umschütteln bis zum vollständigen Aufschluss. Nachdem der weisse Brei erkaltet, spüle man ihn in einen Viertelliterkolben, lasse abkühlen, fülle mit Wasser zur Marke auf und setze nun noch weitere 2,1 cc Wasser hinzu. Nach dem Durchschütteln filtrire man durch ein Doppelfilter, bringe 50 cc klares Filtrat in 50 cc Maercker'sche Citratlösung, die mit 20 cc Magnesiamischung versetzt ist, lasse in kaltem Wasser abkühlen und rühre genau 5 Minuten lang um. Ist die über dem krystallinischen Niederschlage stehende Flüssigkeit blank geworden, so filtrire man denselben durch einen Gooch'schen Tiegel auf ausgeglühtem Asbest unter Benutzung einer Wasserstrahlpumpe ab und glühe bis zur Gewichtsconstanz etwa 10 Minuten*). Man schont den gelochten Boden dieses Tiegels während des Glühens durch Einsetzen desselben in einen anderen gewöhnlicher Art oder durch Benutzung des Rössler'schen Gasofens.

Die „citratlösliche Phosphorsäure“ — der relative Handelswerth der Thomasschlacke — wird dadurch bestimmt, dass man saure citronensaure Ammonlösung auf neutralisirte Schlacke einwirken lässt. Zuerst wird die Basicität der Schlacke (oder der mineralischen Phosphate) ermittelt: 5 g feines Mehl werden ohne Anreiben mit 400 cc Wasser und 100 cc 5 proc. Citronensäure übergossen und $^1/_2$ Stunde lang geschüttelt. 50 cc Filtrat werden mit Viertelnormal-Natronlauge unter Anwendung von Phenolphtaleïn als Indicator titrirt; in gleicher Weise 10 cc der 5 proc. Citronensäure. Aus der Differenz der beiden Titrationen ergiebt sich die durch die Basicität des Phosphats verbrauchte Citronensäure.

5 g Probe — die Citratlöslichkeit ist natürlich abhängig vom Feinheitsgrade — werden nun ohne Anreiben in eine Halbliterflasche gebracht, mit 200 cc Wasser und der aus der oben berechneten Menge Citronensäure und 200 cc saurer Citratlösung versetzt und $^1/_2$ Stunde geschüttelt. In 50 cc Filtrat bestimmt man die Phosphorsäure nach der Molybdänmethode.

b) Ausführung der Feinmehl-Bestimmung: 50 g Phosphatmehl werden in ein Sieb mit einer nicht unter 20 cm Durchmesser besitzenden Siebfläche mit glattem Gewebe Nr. 100 von A. Kahl, Hamburg, gebracht und 15 Minuten lang mit der Hand oder einer geeigneten Schüttelvorrichtung geschüttelt.

---

*) Chem.-Ztg. 1889, Nr. 48.

Zweckmässig ist der von Stutzer*) bezw. von Jul. Schäfer, Bonn, construirte Schüttelapparat.

Bestimmung des Kalkes.

1. Des Gesammtkalkes: Diese Bestimmung erfordert viel Sorgfalt, da der durch oxalsaures Ammon bewirkte Niederschlag mit Mangan und Eisen verunreinigt werden kann. Hollemann**) empfiehlt, die Classen'sche und Jones'sche***) Fällung zu vereinigen und sind die so erhaltenen Resultate genau: 50 cc Filtrat (5 g : 500 cc) werden stark eingeengt und ihm 20 cc einer neutralen Lösung von oxalsaurem Ammon 1 : 3 unter Umrühren zugesetzt. Man digerirt so lange, bis der Niederschlag rein weiss und frei von Klümpchen ist, etwa 10 Minuten lang. Nach dem Abfiltriren wäscht man mit heissem Wasser aus, löst den Niederschlag in möglichst wenig concentrirter Salzsäure und setzt 10 cc Schwefelsäure 1 : 3 und 150 cc concentrirten Alkohol hinzu. Man filtrirt nach drei Stunden ab, wäscht den Niederschlag mit Alkohol aus, und zwar bis zum Verschwinden der Säurereaction bei Anwendung von Methylorange als Indicator, glüht und wägt als $CaSO_4$.

2. Im freien Zustande als Aetzkalk: Man extrahirt 1 g Mehl mit Zuckerlösung, fällt den Kalk durch oxalsaures Ammon und titrirt den oxalsauren Kalk mit Permanganat (6 g : 1 Liter H_2O; 1 cc = ca. 0,01 g Fe). Zu diesem Zwecke löst man den abfiltrirten und gut ausgewaschenen oxalsauren Kalk unter Erwärmen in Schwefelsäure zu einer klaren Lösung und titrirt; Fe-Titer $\times$ 0,5 = CaO-Titer.

Bestimmung fremder Beimischungen.

1. Der phosphorsauren Thonerde des Redondaphosphats. Die Methode Richters-Förster beruht auf der bekannten Thatsache, dass Natronlauge phosphorsaure Thonerde löst (siehe S. 13). Dieses Extractionsverfahren wäre schon gut, wenn die Thomasschlacke immer frei von $AlPO_4$ wäre, was nicht der Fall ist, denn es sind schon in ihr bis 10 Proc. ermittelt†).

2. Des dreibasisch-phosphorsauren Kalkes der Mineralphosphate: Jensch††) machte zuerst darauf aufmerksam, dass der vierbasisch-phosphorsaure Kalk der Thomasschlacke in Citronensäure leicht löslich ist und dreibasisch-phosphorsaurer Kalk bei einer bestimmten Concentration der Säure ungelöst bleibt. Er empfiehlt folgendes Verfahren zur Bestimmung der Reinheit der Schlacke:

1 g Mehl wird im Halbliterkolben mit 150 cc einer 5proc. Citronensäurelösung versetzt und 12 Stunden lang im Wasserbade bei 50 bis 70°

*) Zeitschr. f. angew. Chemie 1888, S. 698.
**) Chem.-Ztg. 1892, S. 1471.
***) Zeitschr. f. angew. Chem. 1889, S. 357.
†) Arens, Untersuchung der Thomasschlacke, S. 16.
††) Zeitschr. f. angew. Chemie 1889, S. 299.

unter öfterem Umschütteln erwärmt. Hiernach verdünnt man mit 100 cc Wasser, kocht eine Minute lang, lässt erkalten, füllt zur Marke auf, filtrirt ab und bestimmt in 250 cc Filtrat die Phosphorsäure.

Bestätigungen für die Richtigkeit dieser Methode finden sich in Zeitschr. f. angew. Chemie 1890, S. 594, jedoch giebt es einige Phosphate, die bei dieser Behandlung Phosphorsäure an die Citronensäure abgeben (siehe P. Wagner in der Deutschen Landwirthschaftl. Presse Nr. 14). Blum*) empfiehlt ebenfalls die Citronensäure-Extraction, ohne jedoch weiter hierauf einzugehen. Stoklasa**) macht denselben Vorschlag: 2 g Mehl + 200 Citronensäurelösung 1 : 2 werden auf dem Wasserbade unter öfterem Umrühren zwei Stunden erwärmt u. s. w. Förster***) wiederholt das bezeichnete Verfahren, will aber finden, dass bei manchen Schlacken nicht alle Phosphorsäure gelöst wird (s. S. 111). Zur Erkennung von Beimischungen mineralischer Phosphate ist dieser Nachweis bis jetzt noch der beste, wenn auch nach Dyer†) Redondaphosphat bei längerer Einwirkung der Citronensäure nicht ganz unlöslich sein soll; nach P. Wagner lösen sich von 100 Thln. dieser Phosphorsäure 10 Thle.

Blum††) will eine Verfälschung des Thomasphosphatmehles mit an kohlensaurem Kalk reichen Phosphaten an diesem Gehalte erkennen. Frische Schlacke enthält freilich keine Kohlensäure, gelagerte und zerfallene kann aber, da der freie Kalk Kohlensäure anzieht, viel davon enthalten.

Morgen†††) schlägt eine Glühverlustbestimmung vor, jedoch ist auch diese aus obigen Gründen unsicher.

O. Böttcher§) prüft auf Fluor der Mineralphosphate, wie schon N. v. Lorenz§§) Knochenmehle untersuchte.

Ebenfalls giebt die Ermittelung des specifischen Gewichtes bezw. des Volumgewichtes wenig Anhalt; nur leichte Phosphate, wie Redondaphosphat, Präcipitat unter 2,5 spec. Gewicht, sind bei Zusätzen von über 20 Proc. zu erkennen. Als geeignete Scheideflüssigkeiten werden von Maercker das Bromoform (spec. Gewicht 2,8), von Loges das Kaliumquecksilberjodid und ferner eine Lösung von borwolframsaurem Cadmium (spec. Gewicht 3,3) empfohlen. Reines Thomasphosphatmehl hat ein spec. Gewicht von 3,0 bis 3,3 und ein durchschnittliches Volumgewicht von 1,9.

Vielleicht ist eine mikroskopische Untersuchung der Probe am Platze (siehe auch E. Wrampelmeyer in den Landwirthschaftl. Versuchsstat.

---

*) Zeitschr. f. anal. Chemie 1890, S. 409.
**) Chem.-Ztg. 1891, S. 543.
***) Zeitschr. f. angew. Chemie 1892, S. 13.
†) Zeitschr. f. angew. Chemie 1892, S. 145.
††) Zeitschr. f. anal. Chemie 1890, S. 408.
†††) Chem.-Ztg. 1891, S. 1397.
§) Chem.-Ztg. 1894, S. 565.
§§) Centralbl. f. Agriculturchemie 1889.

1893, S. 183). Um Verfälschungen durch kalkarme und eisenreiche Schlacken, z. B. durch Puddelschlacke, zu verhindern, wäre es nach Barth[10]) angebracht, einen bestimmten Kalkgehalt zu garantiren.

Die Bestimmung der Citratlöslichkeit genügt aber vollkommen zur Ermittelung der Güte der Thomasschlacke.

E. Die Untersuchung stickstoffhaltiger Düngemittel.

1. Der Stickstoff in Form von Blut, Fleischmehl und ähnlichen Stoffen wird nach Kjeldahl'schem Verfahren oder mit Natronkalk bestimmt.

Die alte bekannte Varrentrapp-Will'sche Verbrennungsmethode soll hier nicht weiter beschrieben werden.

Bestimmung nach Kjeldahl*):

Sie zerfällt in zwei Operationen, in die Oxydation der organischen Substanz mit concentrirter Schwefelsäure und übermangansaurem Kali und in die Ueberführung des Stickstoffs in Ammoniak, sowie in die Bestimmung des Stickstoffs im gebildeten schwefelsauren Ammoniak. Diese Methode hat vielerlei Abänderungen erfahren und wird in verschiedenen Laboratorien auf verschiedene Weise zur Ausführung gebracht.

Modification Ulsch:

1 bis 2 g Substanz werden im 100 cc-Rundkolben aus schwer schmelzbarem Kaliglase und mit engem Halse mit 20 cc Phosphorschwefelsäure, 5 Tropfen Platinchloridlösung (4 Proc. Pt) und mit 0,05 g gepulvertem Kupferoxyd versetzt und zuerst gelinde, dann zum Kochen erhitzt, am besten im Metallbade bei schräger Kolbenstellung, bis die Flüssigkeit klar und grün geworden ist. Die abgekühlte Lösung spült man in den Destillationskolben, giebt 100 cc Natronlauge 1,3 schnell hinein und wirft einige Zinkspäne nach. Man destillirt die Hälfte der Flüssigkeit unter Benutzung eines Sicherheitskugelrohres ab; das Sieden muss langsam eintreten, da beim Beginn desselben die Hauptmenge des Ammoniaks übergeht, dann wird scharf gekocht. Destillirt man ohne Kühler, so muss das Destillationsrohr in die vorgelegte Säure eintauchen. Um ein Ueberschäumen zu verhindern, bringt man etwas Paraffin ins Rundkölbchen. Beim Titriren benutzt man als Indicator 2 cc Cochenilletinctur.

2. Der Stickstoff in Form von Ammoniak wird durch Destillation mit 5 proc. Natronlauge, Kalk oder Magnesia bestimmt.

Man löse von in einer Reibschale gut durch einander geriebenem Ammoniaksalz 20 g in Wasser zu 1 Liter, benutze zur Destillation

*) Zeitschr. f. anal. Chemie XXII, S. 366.

50 cc = 1 g Salz unter Zusatz von 100 cc Wasser 5 bis 6 g frisch geglühter Magnesia oder festem Natronhydrat und einigen Körnchen oder Spänen Zink und als Vorlage 40 cc Halbnormal-Schwefelsäure. Sobald etwa $^3/_4$ der Flüssigkeit übergegangen ist, wird mit Viertelnormal-Natronlösung unter Verwendung von Cochenille titrirt.

3. Der Salpeterstickstoff in Gemischen ist nach Schlösing-Grandeau oder Lunge, der Gesammtstickstoff nach Kjeldahl-Jodlbauer oder einer ähnlichen Methode zu bestimmen. Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass im Peruguano, sowohl im aufgeschlossenen wie im rohen, wegen des darin vorkommenden Salpetergehaltes dieser, wie oben erwähnt, zu bestimmen ist.
4. Für die Bestimmung des Stickstoffs im Salpeter ist eine directe Methode anzustreben.

Die Methode Schlösing-Grandeau-Wagner ist bekannt: sie beruht auf der Reduction der Salpetersäure durch salzsaure Eisenchlorürlösung zu Stickoxyd und Berechnung des Stickstoffs aus dem sich ergebenen Gasvolum von Stickoxyd. Näheres hierüber siehe Fresenius, Quant. Anal. II, S. 709.

Methode Lunge*):

Man wäge genau 0,35 g der gut gemischten, fein zerriebenen Salpeterprobe ab oder messe besser von einer Salpeterlösung einen entsprechenden Theil ab und dampfe diesen zur Trockne. Von Mischungen ist so viel abzuwägen bezw. von ihrer Lösung abzumessen, dass das entwickelte NO-Gas nicht unter 100 cc oder über 120 cc beträgt, und bringe diese Menge in das inzwischen vorgerichtete Salpeter-Nitrometer, und zwar auf den Boden des Glasbechers. Dann löse man den Salpeter in 1 cc Wasser, sauge die Lösung durch vorsichtiges Oeffnen des Glashahnes bei gesenktem Niveaurohre in das Innere des Messrohres, spüle mit einigen Tropfen, höchstens $^1/_2$ cc Wasser nach und lasse nun 15 cc concentrirte Schwefelsäure nachlaufen. Die Reaction wird durch kräftiges Schütteln der sauren Lösung mit dem Quecksilber beendigt. Hierauf wird das Niveaurohr eingestellt und $^1/_2$ Stunde der Abkühlung überlassen. Die Correctur für Temperatur und Barometerstand wird am Reductionsinstrument abgelesen:

$$1\text{ cc NO} = 0{,}003805\text{ g } NaNO_3 = 0{,}000626\text{ g N.}$$

Methode Ulsch**):

Man löse 20 g Salpeter in Wasser zu 1 Liter und versetze 25 cc = 0,5 g Salz im Destillationskolben mit 4 g Ferrum hydrog. red. und 12 cc Schwefelsäure 1,35 (2 Vol. H_2O + 1 Vol. H_2SO_4). Sodann wird bei eingehängter, mit Wasser halb gefüllter Birne vorsichtig unter ziem-

*) Chem. Ind. 1886, S. 369; Chem.-Ztg. 1888, S. 955.
**) Zeitschr. f. angew. Chemie 1891, S. 239, 398; ebend. 1892, S. 101.

lich lebhafter Gasentwickelung bis zum Sieden erhitzt, was an dem Abtropfen des condensirten Wassers an der Birne leicht zu erkennen ist; man erhalte noch kurze Zeit im Sieden, gebe nach Abspülung der Birne 50 cc Wasser und 25 cc Natronlauge 1,3 hinzu und destillire das Ammoniak in die vorgelegten 20 cc Halbnormal-Schwefelsäure ab. Die Reduction dauert höchstens 10, die Destillation etwa 20 Minuten.

Methode Devarda*):

Man bringe in einem Kolben 50 cc Salpeterlösung (10 g : 1 Liter) = 0,5 g Substanz, 200 cc Wasser, 40 cc Kalilauge 1,3, 5 cc Alkohol und 2,5 g feingeriebene Devarda'sche Legirung [50 Cu + 45 Al + 5 Zn] zusammen. Es wird nun gelinde erwärmt und in 20 Minuten ist die ganze Reduction beendet; in weiteren 20 Minuten ist alles Ammoniak überdestillirt.

Bestimmung des Gesammtstickstoffs in Gemischen von Nitraten mit organischen Stickstoffverbindungen.

1. Methode Kjeldahl-Jodlbauer:

Man verreibe in einer Reibschale 10 g Salpetermischung mit 20 g Gyps, mische sorgfältig und wäge 3 g = 1 g Substanz ab, die man in einen 300 cc-Kolben bringt und mit 25 cc Phenolschwefelsäure versetzt. Nach tüchtigem Umschütteln lässt man abkühlen, fügt allmälig 3 g mit Wasser gereinigten Zinkstaub, sowie zwei Tropfen Quecksilber hinzu und kocht, bis die Flüssigkeit nicht mehr gefärbt ist. Dann spült man den Kolbeninhalt in den Destillationskolben, übersättigt mit Natronlauge, setzt 25 cc Schwefelkaliumlösung hinzu und destillirt.

2. Methode Kjeldahl-Ulsch**):

Je nach dem Stickstoffgehalte wägt man ein oder mehrere Gramm der Mischung ab, bringt sie in den Aufschliessungskolben, verdünnt mit Wasser bis zum Brei, fügt je nach der Menge des vorhandenen Salpeterstickstoffs 1 bis 4 g Ferrum hydrog. red. und etwa 5 bis 10 cc Schwefelsäure 1,35 hinzu — bei kalkreichen Substanzen entsprechend mehr Schwefelsäure — und erhitzt (siehe Methode Ulsch) vorsichtig bis zur Beendigung der Reduction. Hierauf giebt man ein wenig Kupferoxyd und 15 bis 20 cc Phosphorschwefelsäure hinzu und erhitzt zuerst vorsichtig über freier Flamme zur Verdampfung des Wassers, sodann stark, wie nach Kjeldahl, bis die helle Grünfärbung der Flüssigkeit das Ende der Zersetzung anzeigt. Die ganze Operation dauert gewöhnlich höchstens eine Stunde, bei Gegenwart von viel organischer Substanz höchstens $^3/_4$ Stunden.

---

*) Chem.-Ztg. 1892, S. 1952; Zeitschr. f. angew. Chemie 1893, S. 161.
**) Chem.-Ztg. 1893, S. 977.

Bestimmung des Kali, K_2O.

1. In Kalisalzen:

Das feingeriebene Salz versetzt man in einem Literkolben mit etwa 400 cc Wasser und auf 1 g Salz mit $^1/_2$ cc Salzsäure, erhitzt zum Sieden und fügt tropfenweise Chlorbaryumlösung (104 g wasserfreies Salz : 1 Liter) bis zum kleinen Ueberschusse hinzu, den man mit verdünnter Schwefelsäure wieder fortnimmt. Nach dem Erkalten füllt man zur Marke auf und setzt noch so viel Wasser hinzu, als dem Volumen des in der Flüssigkeit vorhandenen schwefelsauren Baryts entspricht, welches sich aus dem spec. Gewicht 4,2 und aus den verbrauchten Cubikcentimetern Chlorbaryumlösung ergiebt. Nachdem durchgeschüttelt, wird abfiltrirt und ein abgemessener Theil des Filtrats mit Platinchlorid (frei von Chlorür) in einer Porcellanschale auf dem Wasserbade völlig zur Trockne eingedampft; dann befeuchtet man die kalte Salzmasse mit zwei Tropfen Wasser, rührt mit einem Glasstäbchen um und zerreibt mit absolutem Alkohol. Hierauf filtrirt man durch ein bei 130° getrocknetes und gewogenes Filter und behandelt den in der Schale verbleibenden Rückstand so oft mit neuen kleinen Mengen Alkohol, als das Filtrat noch gelb gefärbt ist. Läuft der Alkohol farblos ab, so spült man den Niederschlag von $(KCl)_2PtCl_4$ auf das Filter, wäscht mit heissem Alkohol aus, trocknet im Filtertrockengläschen langsam steigend bis 130° und wägt nach dem Erkalten, was etwa 20 Minuten dauert.

Je nach den verschiedenen Gehalten der Kalisalze sind verschiedene Verhältnisse zu beachten:

Kalisalze bis zu 20 Proc. K_2O: 20 g Salz : 1 Liter Lösung; 50 cc Filtrat + 40 cc Platinlösung. Gewicht $K_2PtCl_6 \times 19{,}4 =$ Proc. K_2O.

Kalisalze von 20 bis 30 Proc. K_2O: 20 g : 1 Liter; 25 cc Filtrat + 20 cc Platinlösung. Gewicht $K_2PtCl_6 \times 38{,}8 =$ Proc. K_2O.

Kalisalze von 30 bis 40 Proc. K_2O: 15 g : 1 Liter; 20 cc Filtrat + 15 cc Platinlösung. Gewicht $K_2PtCl_6 \times 64{,}66 =$ Proc. K_2O.

Kalisalze über 40 Proc. K_2O: 10 g : 1 Liter; 25 cc Filtrat + 15 cc Platinlösung. Gewicht $K_2PtCl_6 \times 77{,}6 =$ Proc. K_2O.

2. In Kalisuperphosphaten:

20 g Mischung werden im Literkolben 20 Minuten lang mit 400 cc Wasser gekocht. Nach dem Erkalten füllt man bis zur Marke auf, schüttelt durch, filtrirt und versetzt 50 cc Filtrat = 1 g Mischung in einem Becherglase mit Salzsäure und Chlorbaryum, so lange ein Niederschlag entsteht, darauf mit Barytwasser im Ueberschuss, wodurch Schwefelsäure und Phosphorsäure entfernt sind. Nach dem Abfiltriren und Auswaschen giebt man zum heissen Filtrat kohlensaures Ammoniak

im geringen Ueberschuss, filtrirt in eine Platinschale und wäscht heiss aus. Man verdampft zur Trockne und glüht vorsichtig bis zur vollständigen Verflüchtigung der Ammonsalze, wägt dann die erkaltete Schale, nimmt den Rückstand mit Wasser auf und filtrirt in eine Porcellanschale. Zum Filtrat setzt man einige Tropfen Salzsäure und auf je 1 g Salzrückstand $3^1/_2$ cc Platinlösung, verdampft im Wasserbade zur Trockne und bestimmt das Kali wie oben.

Weitere Bestimmungen:

Schwefelsäure.

Acidimetrische Bestimmung derselben: Man wäge in einem 100 cc-Kölbchen mit Glasstopfen 10 cc Schwefelsäure ab und verdünne mit Wasser zur Marke. Nach dem Durchschütteln titrire man hiervon 10 cc mit Normalnatronlauge; 1 cc = 0,049 g H_2SO_4 = 0,0628 g 142 gräd. Säure.

Bestimmung des Arsens (nach Lunge): Man verdünne etwa 20 g Säure mit Wasser und leite so lange Schwefligsäure ein, bis die Flüssigkeit stark danach riecht. Die überschüssige Schwefligsäure entfernt man durch Erhitzen und Einleiten von Kohlensäure, neutralisirt genau mit Soda und titrirt mit Zehntelnormal-Jodlösung und Stärke bis zur Blaufärbung. 1 cc der Jodlösung = 0,00495 g As_2O_3 = 0,00375 g As. Bei irgend erheblichem Gehalt der Säure an Eisen ist dieses natürlich vorher zu entfernen.

Bisulfat.

Bestimmung der freien Säure: Man löse 20 g Salz in Wasser zum Liter und titrire 50 cc wie oben.

Salpeter.

Bestimmung des Wassers: Man erhitze 5 g fein zerriebenes Salz im Platintiegel über kleiner Flamme bis zum Schmelzen und wäge nach dem Erkalten.

Bestimmung der Reinheit bezw. des Stickstoffs: Die Hamburger Handelschemiker, welche für die Salpeter-Importeure arbeiten, bestimmen im Salpeter das salpetersaure Salz (salpetersaures Natron und kleine Mengen salpetersaures Kali), nicht den Stickstoff, und zwar nach der bekannten Ulex'schen Differenzmethode, welche im Salpeterhandel unentbehrlich sein soll*). Nach dieser Methode ermittelt man die Feuchtigkeit durch Trocknen bei 120°, den Kochsalzgehalt durch Titriren mit Zehntelnormal-Silberlösung, den Gehalt an schwefelsaurem Natron

*) Stohmann 2, 1096.

und etwaigem unlöslichen Rückstand gewichtsanalytisch. Aus der Differenz ergiebt sich der Gehalt an Salpeter. Die Garantie seitens der Importeure besteht in der Gewährleistung von 5 Proc. Nichtsalpeter, nicht von Stickstoffprocenten.

Die Chemiker der Versuchsstationen und Fabriken bestimmen jedoch den Stickstoff (siehe S. 134), weil in den Salpetersuperphosphaten Stickstoffprocente und nicht Salpeterprocente garantirt werden. Auf Vorschlag von Maercker wurde in der letzten Herbstversammlung in Würzburg die indirecte Stickstoffbestimmung endgültig verworfen.

Schwefelsaures Ammoniak.

Bestimmung des Wassers: Man trockne 5 g bei 105 bis 110° bis zum constanten Gewicht.

Bestimmung der freien Schwefelsäure: Man titrire die Lösung von 1 g Salz in Wasser mit Viertelnormal-Natronlauge (s. oben).

Prüfung auf Rhodan und Bestimmung desselben: Man versetze die wässerige, mit einigen Tropfen Salzsäure angesäuerte Salzlösung mit Eisenchlorid; bei Gegenwart von Rhodanammon entsteht blutrothe Färbung.

Zur Bestimmung desselben erhitze man 1 g Salz in wässeriger Lösung zum Kochen, setze etwas doppeltschwefligsaures Natron hinzu und titrire nach Lunge mit einer Kupfervitriollösung (6,24 g $CuSO_4$, 5 H_2O : 1 Liter), bis ein Tropfen Ferrocyankalium sofort braun färbt; 1 cc = 0,00145 g SCN = 0,00190 g NH_4SCN.

Bestimmung der Reinheit: Man rauche 1 g Salz über kleiner Flamme bei schwacher Rothgluth ab; zuerst schmilzt das Salz, bräunt sich dann, zersetzt und verflüchtigt sich zuletzt. Es darf kein wägbarer Rückstand zurückbleiben.

Kalisalze.

Bestimmung des Wassers: Man erhitze 5 g Salz vorsichtig im bedeckten Platintiegel, zuletzt fast bis zum Glühen und zur Gewichtsconstanz.

Knochenmehl, Fischguano u. s. w.

Vereinigte Stickstoff- und Phosphorsäurebestimmung nach Weibull*) und Hess**): 5 g einer etwa 50 g starken, sorgfältig gemischten Durchschnittsprobe werden in einem 300 cc-Kjeldahlkölbchen mit 35 cc concentrirter Schwefelsäure und ½ bis 1 g Queck-

*) Chem.-Ztg. 1892, S. 1687.
**) Zeitschr. f. angew. Chemie 1893, S. 74,

silberoxyd gekocht, bis nach $1^1/_2$ bis 2 Stunden die Zersetzung beendet ist. Nach dem Verdünnen mit Wasser wird der Inhalt des Kölbchens in einen Halbliterkolben gespült und nach dem Erkalten zur Marke aufgefüllt. Von dieser Lösung werden zur Stickstoffbestimmung ohne vorheriges Filtriren 200 cc = 2 g Substanz abpipettirt und darin nach dem Versetzen mit Aetznatron durch Destillation der Stickstoff bestimmt.

Die Bestimmung der Phosphorsäure wird in 50 cc des klaren Filtrats nach der Citratmethode ausgeführt.

Bei Fischguano mit 14 Proc. P_2O_5 und 9 Proc. N nimmt man zur Stickstoffbestimmung 100 cc; von Fleisch-, Blut- und Hornmehl schliesse man 5 g auf, verdünne zu 250 cc und verwende zu jeder Bestimmung 50 cc.

Die bisher übliche Veraschung der organischen Substanz ist nur beim Knochenmehl zulässig; beim Fleischmehl u. dergl. entsteht Phosphorsäureverlust. Die Oxydation mit Königswasser oder Salzsäure mit chlorsaurem Kali wie auf trockenem Wege durch Schmelzen mit Salpetersoda erfordert viel Zeit.

Weibull*) verbindet mit seiner Methode noch eine Kalkbestimmung, die man bisher in der Asche des betr. Materials vornahm. Man verwendet von der durch Kochen der Substanz — man hat hierbei eine grössere Menge in Arbeit zu nehmen als oben — mit Schwefelsäure erhaltenen Flüssigkeit zwei Theile zur Stickstoff- und Phosphorsäurebestimmung und benutzt den dritten letzten Theil der Lösung, der mit Ammoniak genau neutralisirt und dann schwach salzsauer gemacht wird, zur Fällung des Kalkes mit oxalsaurem Ammoniak (siehe S. 131).

Anhang.

Untersuchung des Maschinenschmieröls.

Bestimmung der freien Säure: 10 g Oel bezw. 5 g Fett werden in 50 cc Aether gelöst und mit einer verdünnten alkoholischen Natronlösung, welche in 1 Liter eine 5 g H_2SO_4 entsprechende Natronmenge enthält, titrirt. Man berechnet die Acidität auf H_2SO_4 **).

Diese Bestimmung wird deshalb vorgenommen, um zu sehen, ob ein reines oder mit Fettstoff versetztes Mineralöl vorliegt, denn pflanz-

---

*) Chem.-Ztg. 1894, S. 31.
**) Ebend. 1891, S. 45.

liche und thierische Fette besitzen eine hohe Acidität, bis 1,5 Proc., reines Mineralöl dagegen eine sehr geringe, bis Maximum 0,01 Proc.

Ueber Fettbestimmung u. s. w. siehe Künkler, S. 88.

Verarbeitung von Rückständen:

1. Von Molybdän nach P. Wagner:

Die sauren und ammoniakalischen Flüssigkeiten werden getrennt in zwei 10 Literflaschen gesammelt. Erstere dampft man auf dem Wasserbade bis auf 1 Liter ein, wodurch sich fast die ganze Molybdänsäure als fest anhaftende Kruste abscheidet. Nach dem Erkalten giesst man die Säure in ein Becherglas, spült die Kruste einige Male mit Wasser ab, vereinigt das Waschwasser mit der Säure und stellt diese Flüssigkeit bei Seite. Die Kruste wird nun mit der abfiltrirten ammoniakalischen Flüssigkeit übergossen und unter Erwärmen gelöst; die Lösung wird filtrirt, eingedampft und zur Krystallisation gebracht. Nach einigen Tagen kalten Stehens trennt man die Mutterlauge vom auskrystallisirten molybdänsauren Ammoniak, spült die Krystalle mit etwas Wasser ab, das man in die Mutterlauge giesst, und reinigt das Salz durch Umkrystallisiren.

2. Von Platin*):

Die in einer Flasche angesammelte alkoholische Waschflüssigkeit versetzt man mit so viel gesättigter Chlorkaliumlösung, bis alles Platin ausgefällt ist. Nach 24 Stunden hebert man den überstehenden Alkohol ab und spült den Niederschlag mit einem Theile des Alkohols in eine Porcellanschale. Hierzu schüttet man das noch in den Filtern befindliche Kaliumplatinchlorid, fügt Soda im Ueberschuss hinzu und stellt die Schale unter öfterem Umrühren warm. Hat der Platinmohr sich gut abgesetzt und ist die überstehende Flüssigkeit nur noch schwach gelblich gefärbt — von organischer Substanz —, so giesst man sie ab, filtrirt, decantirt den Platinmohr mit heissem Wasser, verdünnter Salzsäure, starker Salzsäure bei Siedetemperatur und wäscht ihn schliesslich auf dem Filter bis zum Verschwinden der Chlorreaction mit kochendem Wasser aus. Der Platinmohr wird bei Zimmertemperatur getrocknet und dann zur Herstellung der Platinlösung verwandt.

*) Zeitschr. f. anal. Chemie XIII, S. 310.

Die nöthigsten Reagentien, Lösungen und Titerflüssigkeiten:

Destillirtes Wasser,
Alkohol, absoluter,
Aether,
Salzsäure, 1,12,
Salpetersäure, 1,25,
Salpetersäure, rauchende,
Schwefelsäure, 1,84,
Eisessig, 100 Proc.
Citronensäure, krystall.,
Oxalsäure, krystall.,
Phosphorsäureanhydrid,
Phenol, krystall.,
Ammoniak, 0,91,
Aetznatron in Stangen,
Aetzkali in Stangen,
Baryumhydroxyd,
Molybdänsaures Ammon, krystall.,
Essigsaures „ „
Kohlensaures „ „
Salpetersaures „ „
Oxalsaures „ „
Chlorammon „
Phosphorsaures Natron, krystall.,
Kohlensaures Natron, calcinirt,
Doppeltschwefligs. Natron, krystall.,
Rhodankalium, krystall.,
Ferrocyankalium, krystall.,
Ferridcyankalium, krystall.,
Schwefelkalium,
Uebermangansaures Kali, krystall.,
Chlorsaures Kali, krystall.,
Natronkalk,
Sodasalpeter,
Magnesia, geglühte,
Chlorcalcium, krystall.,
Chlormagnesium, krystall.,
Chlorbaryum, krystall.,
Eisenchlorid,
Salpetersaures Silber, krystall.,
Salpetersaures Uran, krystall.,
Platinchlorid,
Zink, rein amalgamirt,
Zink, Späne und Staub,
Eisenstaub (hydrog. red.),
Kupferoxyd,
Quecksilber,
Quecksilberoxyd,
Kupfervitriol, krystall.,
Zucker,
Gyps,
Paraffin,
Asbest,
Cochenille,
Methylorange,
Phenolphtaleïn,
Metallbad aus gleichen Theilen Wismuth, Blei und Zinn.

Molybdänlösung: 150 g krystallisirtes molybdänsaures Ammon mit Wasser zu 1 Liter.

Salpetersaure Molybdänlösung nach Fresenius-Maercker: 1 Liter obiger Lösung + 1 Liter Salpetersäure 1,25. Man erwärme 10 Minuten auf 90^0, lasse zwei Tage bei 30 bis 35^0 stehen und filtrire ab.

Salpetersaure Ammonlösung: 750 g Salz mit Wasser zu 1 Liter.

Magnesiamischung: 55 g Chlormagnesium, 70 g Chlorammonium (soll die Fällung der Magnesia als $Mg(OH)_2$ durch Ammoniak verhindern), 130 g Ammoniak 0,91 mit Wasser zu 1 Liter.

Maercker's Citratlösung: 110 g krystallisirte Citronensäure + 400 g 24 proc. Ammoniak + 1 Liter Wasser.

Wagner's Citratlösung: Man löse 150 g krystallisirte Citronensäure im Literkolben in Wasser, neutralisire mit Ammoniak (Indicator: Phenolphtaleïn; annähernd dieselben Cubikcentimeter 0,91 als Gramm Citronensäure) und setze dann 10 g Citronensäure hinzu; hierauf wird mit Wasser zur Marke verdünnt.

Petermann's Lösung: 1 Liter neutrales citronensaures Ammon 1,09 + 50 cc Ammoniak 0,91.

Saure essigsaure Ammonlösung: 100 g essigsaures Ammon + 100 cc Eisessig mit Wasser zu 1 Liter.

Phosphor-Schwefelsäure: Man trage in 2 Liter Schwefelsäure 1,84 unter Umrühren 250 g Phosphorsäureanhydrid ein.

Phenol-Schwefelsäure: 40 g Phenol + 100 g Phosphorsäureanhydrid zu 1 Liter Schwefelsäure 1,84.

Schwefelkaliumlösung: 250 g Schwefelkalium mit Wasser zu 1 Liter.

Platinchlorid: 1 Thl. trockenes Platinchlorid + 10 Thle. Wasser. Zwei Lösungen werden so gestellt, dass die eine 5 Proc. Pt, die andere 4 Proc. enthält.

Cochenilletinctur: 6 g feines Cochenillepulver werden mit einem Gemische von 300 cc Wasser und 200 cc Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur digerirt. Das Filtrat wird in gut verschliessbaren Flaschen aufbewahrt.

Ammoniakwasser mit $2^1/_2$ Proc. NH_3: 100 cc Ammoniak 0,91 mit Wasser zu 1 Liter.

Uranlösung: 36 g krystallisirtes salpetersaures Uran + 4 g essigsaures Ammon mit Wasser zu 1 Liter.

Halbnormal-Schwefelsäure: 30 g Schwefelsäure 1,84 mit Wasser zu 1 Liter. Den H_2SO_4-Gehalt ermittelt man entweder durch Titriren mit kohlensaurem Natron ($Na_2CO_3 = 53 = 49\,H_2SO_4 = 14\,N$), s. S. 137 — oder durch Fällen mit Chlorbaryum als $BaSO_4$. Hat man in 20 cc anstatt 0,49 g H_2SO_4 0,55 g gefunden, so verdünnt man nach 0,49 : 20 = 0,55 : x, also jede 20 cc zu 22,5 cc, 1000 cc : 1125 cc.

Normal-Natronlauge: Man löse 45 bis 50 g CO_2-freies Aetznatron in Wasser zu 1 Liter und stelle diese Lösung mit Halbnormal-Schwefelsäure ein.

Viertelnormal-Natronlauge: 11 g Aetznatron mit Wasser zum Liter lösen. Man verdünne so weit, dass 40 cc der Lösung 20 cc der Halbnormal-Schwefelsäure entsprechen; waren zur Neutralisation 38,5 cc Lauge nöthig, so sind je 38,5 cc mit 1,5 cc Wasser oder 1000 cc mit 39 cc Wasser zu verdünnen.

Schwächere Laugen stellt man aus der Normallauge her.

Tabellen*) und Verschiedenes.

Atom- und Aequivalentgewichte der Elemente.

Element	Symbol	Atom-Gew.	Aeq.-Gew.	Element	Symbol	Atom-Gew.	Aeq.-Gew.
Aluminium . . .	Al	27,5	13,75	Nickel	Ni	59	29,5
Antimon	Sb	120	120	Niobium	Nb	94	47
Arsen	As	75	75	Osmium	Os	199	99,5
Baryum	Ba	137	68,5	Palladium . . .	Pd	106	53
Beryllium . . .	Be	9,4	4,7	Phosphor	P	31	31
Blei	Pb	207	103,5	Platin	Pt	197	98,5
Bor	B	11	11	Quecksilber . . .	Hg	200	100
Brom	Br	80	80	Rhodium	Rh	104	52
Cadmium	Cd	112	56	Rubidium . . .	Rb	85	85
Cäsium	Cs	133	133	Ruthenium . . .	Ru	104	52
Calcium	Ca	40	20	Sauerstoff . . .	O	16	8
Cer	Ce	140	70	Schwefel	S	32	16
Chlor	Cl	35,5	35,5	Selen	Se	79	39,5
Chrom	Cr	52,5	26,25	Silber	Ag	108	108
Didym	Di	144	72	Silicium	Si	28	14
Eisen	Fe	56	28	Stickstoff	N	14	14
Erbium	Er	166	83	Strontium . . .	Sr	87,5	43,75
Fluor	Fl	19	19	Tantal	Ta	182	182
Gold	Au	197	197	Tellur	Te	125	62,5
Indium	In	113	56,5	Thallium	Tl	204	204
Iridium	Ir	193	96,5	Thorium	Th	231,5	231,5
Jod	J	127	127	Titan	Ti	48	24
Kalium	K	39	39	Uran	U	240	240
Kobalt	Co	59	29,5	Vanadium . . .	V	51	25,5
Kohlenstoff . . .	C	12	6	Wasserstoff . . .	H	1	1
Kupfer	Cu	63,4	31,7	Wismuth	Bi	208	208
Lanthan	La	139	69,5	Wolfram	W	184	92
Lithium	Li	7	7	Yttrium	Y	89	44,5
Magnesium . . .	Mg	24	12	Zink	Zn	65	32,5
Mangan	Mn	55	27,5	Zinn	Sn	118	59
Molybdän . . .	Mo	96	48	Zirkonium . . .	Zr	90	45
Natrium	Na	23	23				

*) Die hier fehlenden Tabellen bringt Lunge's Taschenbuch für Sodafabrikation, Berlin 1892, das sich in den Händen der meisten Düngerchemiker befinden wird.

Specifische Gewichte von Schwefelsäurelösungen nach Lunge und Isler.

Specif. Gew. bei $15^0/4^0$ (luftl. R.)	Grad Twaddell	Grad Beaumé	100 Gew.-Theilen entsprechen bei chemisch reiner Säure				1 Liter enthält bei chemisch reiner Säure Kilogramm			
			Procent SO_3	Procent H_2SO_4	Procent 142 gräd. Säure	Procent 106 gräd. Säure	SO_3	H_2SO_4	142 gräd. Säure	106 gräd. Säure
1,000	0	0	0,07	0,09	0,12	0,14	0,001	0,001	0,001	0,001
1,005	1	0,7	0,68	0,83	1,06	1,33	0.007	0,008	0,011	0,013
1,010	2	1,4	1,28	1,57	2,01	2,51	0,013	0,016	0,020	0,025
1,015	3	2,1	1,88	2,30	2,95	3,68	0,019	0,023	0,030	0,037
1,020	4	2,7	2,47	3,03	3,88	4,85	0,025	0,031	0,040	0,050
1,025	5	3,4	3,07	3,76	4,82	6,02	0,032	0,039	0,049	0,062
1,030	6	4,1	3,67	4,49	5,78	7,18	0,038	0,046	0,059	0,074
1,035	7	4,7	4,27	5,23	6,73	8,37	0,044	0,054	0,070	0,087
1,040	8	5,4	4,87	5,96	7,64	9,54	0,051	0,062	0,079	0,099
1,045	9	6,0	5,45	6,67	8,55	10,67	0,057	0,071	0,089	0,112
1,050	10	6,7	6,02	7,37	9,44	11,79	0,063	0,077	0,099	0,124
1,055	11	7,4	6,59	8,07	10,34	12,91	0,070	0,085	0,109	0,136
1,060	12	8,0	7,16	8,77	11,24	14,03	0,076	0,093	0,119	0,149
1,065	13	8,7	7,73	9,47	12,14	15,15	0,082	0,102	0,129	0,161
1,070	14	9,4	8,32	10,19	13,05	16,30	0,089	0,109	0,140	0,174
1,075	15	10,0	8,90	10,90	13,96	17,44	0,096	0,117	0,150	0,188
1,080	16	10,6	9,47	11,60	14,87	18,56	0,103	0,125	0,161	0,201
1,085	17	11,2	10,04	12,30	15,76	18,68	0,109	0,133	0,171	0,213
1,090	18	11,9	10,60	12,99	16,65	20,78	0,116	0,142	0,181	0,227
1,095	19	12,4	11,16	13,67	17,52	21,87	0,122	0,150	0,192	0,240
1,100	20	13,0	11,71	14,35	18,39	22,96	0,129	0,158	0,202	0,253
1,105	21	13,6	12,27	15,03	19,26	24,05	0,136	0,166	0,212	0,265
1,110	22	14,2	12,82	15,71	20,13	25,14	0,143	0,175	0,223	0,279
1,115	23	14,9	13,36	16,36	20,96	26,18	0,149	0,183	0,234	0,292
1,120	24	15,4	13,89	17,01	21,80	27,22	0,156	0,191	0,245	0,305
1,125	25	16,0	14,42	17,66	22,63	28,26	0,162	0,199	0,255	0,318
1,130	26	16,5	14,95	18,31	23,47	29,30	0,169	0,207	0,265	0,331
1,135	27	17,1	15,48	18,96	24,29	30,34	0,176	0,215	0,276	0,344
1,140	28	17,7	16,01	19,61	25,13	31,38	0,183	0,223	0,287	0,358
1,145	29	18,3	16,54	20,26	25,96	32,42	0,189	0,231	0,297	0,371
1,150	30	18,8	17,07	20,91	26,79	33,46	0,196	0,239	0,308	0,385
1,155	31	19,3	17,59	21,55	27,61	34,48	0,203	0,248	0,319	0,398
1,160	32	19,8	18,11	22,19	28,43	35,50	0,210	0,257	0,330	0,412
1,165	33	20,3	18,64	22,83	29,25	36,53	0,217	0,266	0,341	0,426
1,170	34	20,9	19,16	23,47	30,07	37,55	0,224	0,275	0,352	0,439
1,175	35	21,4	19,69	24,12	30,90	38,59	0,231	0,283	0,363	0,453
1,180	36	22,0	20,21	24,76	31,73	39,62	0,238	0,292	0,374	0,467

Specif. Gew. bei $15^0/4^0$ (luftl. R.)	Grad Twaddell	Grad Beaumé	100 Gew.-Theilen entsprechen bei chemisch reiner Säure				1 Liter enthält bei chemisch reiner Säure Kilogramm			
			Procent SO_3	Procent H_2SO_4	Procent 142 gräd. Säure	Procent 106 gräd. Säure	SO_3	H_2SO_4	142 gräd. Säure	106 gräd. Säure
1,185	37	22,5	20,73	25,40	32,55	40,64	0,246	0,301	0,386	0,481
1,190	38	23,0	21,26	26,04	33,37	41,66	0,253	0,310	0,397	0,496
1,195	39	23,5	21,78	26,68	34,19	42,69	0,260	0,319	0,409	0,511
1,200	40	24,0	22,30	27,32	35,01	43,71	0,268	0,328	0,420	0,525
1,205	41	24,5	22,82	27,95	35,83	44,72	0,275	0,337	0,432	0,539
1,210	42	25,0	23,33	28,58	36,66	45,73	0,282	0,346	0,444	0,553
1,215	43	25,5	23,84	29,21	37,45	46,74	0,290	0,355	0,455	0,568
1,220	44	26,0	24,36	29,84	38,23	47,75	0,297	0,364	0,466	0,583
1,225	45	26,4	24,88	30,48	39,05	48,77	0,305	0,373	0,478	0,598
1,230	46	26,9	25,39	31,11	39,86	49,78	0,312	0,382	0,490	0,612
1,235	47	27,4	25,88	31,70	40,61	50,72	0,320	0,391	0,502	0,626
1,240	48	27,9	26,35	32,28	41,37	51,65	0,327	0,400	0,513	0,640
1,245	49	28,4	26,83	32,86	42,11	52,58	0,334	0,409	0,524	0,655
1,250	50	28,8	27,29	33,43	42,84	53,49	0,341	0,418	0,535	0,669
1,255	51	29,3	27,76	34,00	43,57	54,40	0,348	0,426	0,547	0,683
1,260	52	29,7	28,22	34,57	44,30	55,31	0,356	0,435	0,558	0,697
1,265	53	30,2	28,69	35,14	45,03	56,22	0,363	0,444	0,570	0,711
1,270	54	30,6	29,15	35,71	45,76	57,14	0,370	0,453	0,581	0,725
1,275	55	31,1	29,62	36,29	46,50	58,06	0,377	0,462	0,593	0,740
1,280	56	31,5	30,10	36,87	47,24	58,99	0,385	0,472	0,605	0,755
1,285	57	32,0	30,57	37,45	47,99	59,92	0,393	0,481	0,617	0,770
1,290	58	32,4	31,04	38,03	48,73	60,85	0,400	0,490	0,629	0,785
1,295	59	32,8	31,52	38,61	49,47	61,78	0,408	0,500	0,641	0,800
1,300	60	33,3	31,99	39,19	50,21	62,70	0,416	0,510	0,653	0,815
1,305	61	33,7	32,46	39,77	50,96	63,63	0,424	0,519	0,665	0,830
1,310	62	34,2	32,94	40,35	51,71	64,56	0,432	0,529	0,677	0,845
1,315	63	34,6	33,41	40,93	52,45	65,45	0,439	0,538	0,689	0,860
1,320	64	35,0	33,88	41,50	53,18	66,40	0,447	0,548	0,702	0,876
1,325	65	35,4	34,35	42,08	53,92	67,33	0,455	0,557	0,714	0,892
1,330	66	35,8	34,80	42,66	54,67	68,26	0,462	0,567	0,727	0,908
1,335	67	36,2	35,27	43,20	55,36	69,12	0,471	0,577	0,739	0,923
1,340	68	36,6	35,71	43,74	56,05	69,98	0,479	0,586	0,751	0,938
1,345	69	37,0	36,14	44,28	56,74	70,85	0,486	0,596	0,763	0,953
1,350	70	37,4	36,58	44,82	57,43	71,71	0,494	0,605	0,775	0,968
1,355	71	37,8	37,02	45,35	58,11	72,56	0,502	0,614	0,787	0,983
1,360	72	38,2	37,45	45,88	58,79	73,41	0,509	0,624	0,800	0,998
1,365	73	38,6	37,89	46,41	59,48	74,26	0,517	0,633	0,812	1,014
1,370	74	39,0	38,32	46,94	60,15	75,10	0,525	0,643	0,824	1,029
1,375	75	39,4	38,75	47,47	60,83	75,95	0,533	0,653	0,836	1,044
1,380	76	39,8	39,18	48,00	61,51	76,80	0,541	0,662	0,849	1,060
1,385	77	40,1	39,62	48,53	62,19	77,65	0,549	0,672	0,861	1,075
1,390	78	40,5	40,05	49,06	62,87	78,50	0,557	0,682	0,873	1,091

Specif. Gew. bei $15^0/4^0$ (luftl. R.)	Grad Twaddell	Grad Baumé	100 Gew.-Theilen entsprechen bei chemisch reiner Säure				1 Liter enthält bei chemisch reiner Säure Kilogramm			
			Procent SO_3	Procent H_2SO_4	Procent 142 gräd. Säure	Procent 106 gräd. Säure	SO_3	H_2SO_4	142 gräd. Säure	106 gräd. Säure
1,395	79	40,8	40,48	49,59	63,55	79,34	0,564	0,692	0,886	1,107
1,400	80	41,2	40,91	50,11	64,21	80,18	0,573	0,702	0,899	1,123
1,405	81	41,6	41,33	50,63	64,88	81,01	0,581	0,711	0,912	1,138
1,410	82	42,0	41,76	51,15	65,55	81,86	0,589	0,721	0,924	1,154
1,415	83	42,3	42,17	51,66	66,21	82,66	0,597	0,730	0,937	1,170
1,420	84	42,7	42,57	52,15	66,82	83,44	0,604	0,740	0,949	1,185
1,425	85	43,1	42,96	52,63	67,44	84,21	0,612	0,750	0,961	1,200
1,430	86	43,4	43,36	53,11	68,06	84,98	0,620	0,759	0,973	1,215
1,435	87	43,8	43,75	53,59	68,68	85,74	0,628	0,769	0,986	1,230
1,440	88	44,1	44,14	54,07	69,29	86,51	0,636	0,779	0,998	1,246
1,445	89	44,4	44,53	54,55	69,90	87,28	0,643	0,789	1,010	1,261
1,450	90	44,8	44,92	55,03	70,52	88,05	0,651	0,798	1,023	1,277
1,455	91	45,1	45,31	55,50	71,12	88,80	0,659	0,808	1,035	1,292
1,460	92	45,4	45,69	55,97	71,72	89,55	0,667	0,817	1,047	1,307
1,465	93	45,8	46,07	56,43	72,31	90,29	0,675	0,827	1,059	1,323
1,470	94	46,1	46,45	56,90	72,91	91,04	0,683	0,837	1,072	1,338
1,475	95	46,4	46,83	57,37	73,51	91,79	0,691	0,846	1,084	1,354
1,480	96	46,8	47,21	57,83	74,10	92,53	0,699	0,856	1,097	1,370
1,485	97	47,1	47,57	58,28	74,68	93,25	0,707	0,865	1,109	1,385
1,490	98	47,4	47,95	58,74	75,27	93,98	0,715	0,876	1,122	1,400
1,495	99	47,8	48,34	59,22	75,88	94,75	0,723	0,885	1,134	1,417
1,500	100	48,1	48,73	59,70	76,50	95,52	0,731	0,896	1,147	1,433
1,505	101	48,4	49,12	60,18	77,12	96,29	0,739	0,906	1,160	1,449
1,510	102	48,7	49,51	60,65	77,72	97,04	0,748	0,916	1,174	1,465
1,515	103	49,0	49,89	61,12	78,32	97,79	0,756	0,926	1,187	1,481
1,520	104	49,4	50,28	61,59	78,93	98,54	0,764	0,936	1,199	1,498
1,525	105	49,7	50,66	62,06	79,52	99,30	0,773	0,946	1,213	1,514
1,530	106	50,0	51,04	62,53	80,13	100,05	0,781	0,957	1,226	1,531
1,535	107	50,3	51,43	63,00	80,73	100,80	0,789	0,967	1,239	1,547
1,540	108	50,6	51,78	63,43	81,28	101,49	0,797	0,977	1,252	1,563
1,545	109	50,9	52,12	63,85	81,81	102,16	0,805	0,987	1,264	1,579
1,550	110	51,2	52,46	64,26	82,34	102,82	0,813	0,996	1,276	1,593
1,555	111	51,5	52,79	64,67	82,87	103,47	0,821	1,006	1,289	1,609
1,560	112	51,8	53,12	65,08	83,39	104,13	0,829	1,015	1,301	1,624
1,565	113	52,1	53,46	65,49	83,92	104,78	0,837	1,025	1,313	1,640
1,570	114	52,4	53,80	65,90	84,44	105,44	0,845	1,035	1,325	1,655
1,575	115	52,7	54,13	66,30	84,95	106,08	0,853	1,044	1,338	1,671
1,580	116	53,0	54,46	66,71	85,48	106,73	0,861	1,054	1,351	1,686
1,585	117	53,3	54,80	67,13	86,03	107,41	0,869	1,064	1,364	1,702
1,590	118	53,6	55,18	67,59	86,62	108,14	0,877	1,075	1,377	1,719
1,595	119	53,9	55,55	68,05	87,20	108,88	0,886	1,085	1,391	1,737
1,600	120	54,1	55,93	68,51	87,79	109,62	0,895	1,096	1,405	1,754

Specif. Gew. bei $15^0/4^0$ (luftl. R.)	Grad Twaddell	Grad Beaumé	100 Gew.-Theilen entsprechen bei chemisch reiner Säure				1 Liter enthält bei chemisch reiner Säure Kilogramm			
			Procent SO_3	Procent H_2SO_4	Procent 142 gräd. Säure	Procent 106 gräd. Säure	SO_3	H_2SO_4	142 gräd. Säure	106 gräd. Säure
1,605	121	54,4	56,30	68,97	88,38	110,35	0,904	1,107	1,419	1,772
1,610	122	54,7	56,68	69,43	88,97	111,09	0,913	1,118	1,432	1,789
1,615	123	55,0	57,05	69,89	89,56	111,82	0,921	1,128	1,446	1,806
1,620	124	55,2	57,40	70,32	90,11	112,51	0,930	1,139	1,460	1,823
1,625	125	55,5	57,75	70,74	90,65	113,18	0,938	1,150	1,473	1,840
1,630	126	55,8	58,09	71,16	91,19	113,86	0,947	1,160	1,486	1,857
1,635	127	56,0	58,43	71,57	91,71	114,51	0,955	1,170	1,499	1,873
1,640	128	56,3	58,77	71,99	92,25	115,18	0,964	1,181	1,513	1,889
1,645	129	56,6	59,10	72,40	92,77	115,84	0,972	1,192	1,526	1,905
1,650	130	56,9	59,45	72,82	93,29	116,51	0,981	1,202	1,540	1,922
1,655	131	57,1	59,78	73,23	93,81	117,17	0,989	1,212	1,553	1,939
1,660	132	57,4	60,11	73,64	94,36	117,82	0,998	1,222	1,566	1,956
1,665	133	57,7	60,46	74,07	94,92	118,51	1,007	1,233	1,580	1,973
1,670	134	57,9	60,82	74,51	95,48	119,22	1,016	1,244	1,595	1,991
1,675	135	58,2	61,20	74,97	96,07	119,95	1,025	1,256	1,609	2,009
1,680	136	58,4	61,57	75,42	96,65	120,67	1,034	1,267	1,623	2,027
1,685	137	58,7	61,93	75,86	97,21	121,38	1,043	1,278	1,638	2,046
1,690	138	58,9	62,29	76,30	97,77	122,08	1,053	1,289	1,652	2,064
1,695	139	59,2	62,64	76,73	98,32	122,77	1,062	1,301	1,667	2,082
1,700	140	59,5	63,00	77,17	98,89	123,47	1,071	1,312	1,681	2,100
1,705	141	59,7	63,35	77,60	99,44	124,16	1,080	1,323	1,696	2,117
1,710	142	60,0	63,70	78,04	100,00	124,86	1,089	1,334	1,710	2,136
1,715	143	60,2	64,07	78,48	100,56	125,57	1,099	1,346	1,725	2,154
1,720	144	60,4	64,43	78,92	101,13	126,27	1,108	1,357	1,739	2,172
1,725	145	60,6	64,78	79,36	101,69	126,98	1,118	1,369	1,754	2,191
1,730	146	60,9	65,14	79,80	102,25	127,68	1,127	1,381	1,769	2,209
1,735	147	61,1	65,50	80,24	102,82	128,38	1,136	1,392	1,784	2,228
1,740	148	61,4	65,86	80,68	103,38	129,09	1,146	1,404	1,799	2,247
1,745	149	61,6	66,22	81,12	103,95	129,79	1,156	1,416	1,814	2,265
1,750	150	61,8	66,58	81,56	104,52	130,49	1,165	1,427	1,829	2,284
1,755	151	62,1	66,94	82,00	105,08	131,20	1,175	1,439	1,845	2,303
1,760	152	62,3	67,30	82,44	105,64	131,90	1,185	1,451	1,859	2,321
1,765	153	62,5	67,65	82,88	106,21	132,61	1,194	1,463	1,874	2,340
1,770	154	62,8	68,02	83,32	106,77	133,31	1,204	1,475	1,890	2,359
1,775	155	63,0	68,49	83,90	107,51	134,24	1,216	1,489	1,908	2,381
1,780	156	63,2	68,98	84,50	108,27	135,20	1,228	1,504	1,928	2,407
1,785	157	63,5	69,47	85,10	109,05	136,16	1,240	1,519	1,947	2,432
1,790	158	63,7	69,96	85,70	109,82	137,14	1,252	1,534	1,965	2,455
1,795	159	64,0	70,45	86,30	110,58	138,08	1,265	1,549	1,983	2,479
1,800	160	64,2	70,94	86,90	111,35	139,06	1,277	1,564	2,004	2,503
1,805	161	64,4	71,50	87,60	112,25	140,16	1,291	1,581	2,026	2,530
1,810	162	64,6	72,08	88,30	113,15	141,28	1,305	1,598	2,048	2,558

Specif. Gew. bei $15^0/4^0$ (luftl. R.)	Grad Twaddell	Grad Beaumé	100 Gew.-Theilen entsprechen bei chemisch reiner Säure				1 Liter enthält bei chemisch reiner Säure Kilogramm			
			Procent SO_3	Procent H_2SO_4	Procent 142 grād. Säure	Procent 106 grād. Säure	SO_3	H_2SO_4	142 grād. Säure	106 grād. Säure
1,815	163	64,8	72,69	89,05	114,11	142,48	1,319	1,621	2,071	2,587
1,820	164	65,0	73,51	90,05	115,33	144,08	1,338	1,639	2,099	2,622
1,821	—	—	73,63	90,20	115,59	144,32	1,341	1,643	2,104	2,628
1,822	—	65,1	73,80	90,40	115,84	144,64	1,345	1,647	2,110	2,635
1,823	—	—	73,96	90,60	116,10	144,96	1,348	1,651	2,116	2,643
1,824	—	65,2	74,12	90,80	116,35	145,28	1,352	1,656	2,122	2,650
1,825	165	—	74,29	91,00	116,61	145,60	1,356	1,661	2,128	2,657
1,826	—	65,3	74,49	91,25	116,93	146,00	1,360	1,666	2,135	2,666
1,827	—	—	74,69	91,50	117,25	146,40	1,364	1,671	2,142	2,675
1,828	—	65,4	74,86	91,70	117,51	146,72	1,368	1,676	2,148	2,682
1,829	—	—	75,03	91,90	117,76	147,04	1,372	1,681	2,154	2,689
1,830	166	—	75,19	92,10	118,02	147,36	1,376	1,685	2,159	2,696
1,831	—	65,5	75,35	92,30	118,27	147,68	1,380	1,690	2,165	2,704
1,832	—	—	75,53	92,52	118,56	148,03	1,384	1,695	2,172	2,711
1,833	—	65,6	75,72	92,75	118,85	148,40	1,388	1,700	2,178	2,720
1,834	—	—	75,96	93,05	119,23	148,88	1,393	1,706	2,186	2,730
1,835	167	65,7	76,27	93,43	119,72	149,49	1,400	1,713	2,196	2,743
1,836	—	—	76,57	93,80	120,19	150,08	1,406	1,722	2,207	2,755
1,837	—	—	76,90	94,20	120,71	150,72	1,412	1,730	2,217	2,769
1,838	—	65,8	77,23	94,60	121,22	151,36	1,419	1,739	2,228	2,782
1,839	—	—	77,55	95,00	121,74	152,00	1,426	1,748	2,239	2,795
1,840	168	65,9	78,04	95,60	122,51	152,96	1,436	1,759	2,254	2,814
1,8405	—	—	78,33	95,95	122,96	153,52	1,441	1,765	2,262	2,825
1,8410	—	—	79,19	97,00	124,30	155,20	1,458	1,786	2,288	2,857
1,8415	—	—	79,76	97,70	125,20	156,32	1,469	1,799	2,305	2,879
1,8410	—	—	80,16	98,20	125,84	157,12	1,476	1,808	2,317	2,893
1,8405	—	—	80,57	98,70	126,48	157,92	1,483	1,816	2,328	2,906
1,8400	—	—	80,98	99,20	127,12	158,72	1,490	1,825	2,339	2,920
1,8395	—	—	81,18	99,45	127,44	159,12	1,494	1,830	2,344	2,927
1,8390	—	—	81,39	99,70	127,76	159,52	1,497	1,834	2,349	2,933
1,8385	—	—	81,59	99,95	128,08	159,92	1,500	1,838	2,355	2,940

Vergleichung der specifischen Gewichte mit Twaddell-Graden und mit Beaumé-Graden*).

Specif. Gew.	Twad.	Beaumé	Specif. Gew.	Twad.	Beaumé	Specif. Gew.	Twad.	Beaumé
1,000	0	0,0	1,039		5,2	1,079		10,5
1,001		0,1	1,040	8	5,4	1,080	16	10,6
1,002		0,3	1,041		5,5	1,081		10,7
1,003		0,4	1,042		5,6	1,082		10,9
1,004		0,6	1,043		5,7	1,083		11,0
1,005	1	0,7	1,044		5,9	1,084		11,1
1,006		0,9	1,045	9	6,0	1,085	17	11,2
1,007		1,0	1,046		6,1	1,086		11,4
1,008		1,1	1,047		6,3	1,087		11,5
1,009		1,3	1,048		6,4	1,088		11,6
1,010	2	1,4	1,049		6,5	1,089		11,7
1,011		1,5	1,050	10	6,7	1,090	18	11,9
1,012		1,7	1,051		6,8	1,091		12,0
1,013		1,8	1,052		7,0	1,092		12,1
1,013		1,9	1,053		7,1	1,093		12,2
1,014		2,0	1,054		7,2	1,094		12,3
1,015	3	2,1	1,055	11	7,4	1,095	19	12,4
1,016		2,2	1,056		7,5	1,096		12,5
1,017		2,4	1,057		7,6	1,097		12,7
1,018		2,5	1,058		7,7	1,098		12,8
1,019		2,6	1,059		7,9	1,099		12,9
1,020	4	2,7	1,060	12	8,0	1,100	20	13,0
1,021		2,9	1,061		8,1	1,101		13,1
1,022		3,0	1,062		8,3	1,102		13,2
1,023		3,1	1,063		8,4	1,103		13,4
1,024		3,3	1,064		8,5	1,104		13,5
1,025	5	3,4	1,065	13	8,7	1,105	21	13,6
1,026		3,5	1,066		8,8	1,106		13,7
1,027		3,7	1,067		9,0	1,107		13,9
1,028		3,8	1,068		9,1	1,108		14,0
1,029		4,0	1,069		9,2	1,109		14,1
1,030	6	4,1	1,070	14	9,4	1,110	22	14,2
1,031		4,2	1,071		9,5	1,111		14,4
1,032		4,4	1,072		9,6	1,112		14,5
1,033		4,5	1,073		9,7	1,113		14,6
1,034		4,6	1,074		9,9	1,114		14,7
1,035	7	4,7	1,075	15	10,0	1,115	23	14,9
1,036		4,9	1,076		10,1	1,116		15,0
1,037		5,0	1,077		10,2	1,117		15,1
1,038		5,1	1,078		10,4	1,118		15,2

*) Aus Jurisch Schwefelsäurefabrikation (siehe S. 25).

Specif. Gew.	Twad.	Beaumé	Specif. Gew.	Twad.	Beaumé	Specif. Gew.	Twad.	Beaumé
1,119		15,3	1,164		20,2	1,209		24,9
1,120	24	15,4	1,165	33	20,3	1,210	42	25,0
1,121		15,5	1,166		20,4	1,211		25,1
1,122		15,7	1,167		20,5	1,212		25,2
1,123		15,8	1,168		20,7	1,213		25,3
1,124		15,9	1,169		20,8	1,214		25,4
1,125	25	16,0	1,170	34	20,9	1,215	43	25,5
1,126		16,1	1,171		21,0	1,216		25,6
1,127		16,2	1,172		21,1	1,217		25,7
1,128		16,3	1,173		21,2	1,218		25,8
1,129		16,4	1,174		21,3	1,219		25,9
1,130	26	16,5	1,175	35	21,4	1,220	44	26,0
1,131		16,6	1,176		21,5	1,221		26,1
1,132		16,8	1,177		21,7	1,222		26,2
1,133		16,9	1,178		21,8	1,223		26,3
1,134		17,0	1,179		21,9	1,224		26,4
1,135	27	17,1	1,180	36	22,0	1,225	45	26,4
1,136		17,2	1,181		22,1	1,226		26,5
1,137		17,4	1,182		22,2	1,227		26,6
1,138		17,5	1,183		22,3	1,228		26,7
1,139		17,6	1,184		22,4	1,229		26,8
1,140	28	17,7	1,185	37	22,5	1,230	46	26,9
1,141		17,9	1,186		22,6	1,231		27,0
1,142		18,0	1,187		22,7	1,232		27,1
1,143		18,1	1,188		22,8	1,233		27,2
1,144		18,2	1,189		22,9	1,234		27,3
1,145	29	18,3	1,190	38	23,0	1,235	47	27,4
1,146		18,4	1,191		23,1	1,236		27,5
1,147		18,5	1,192		23,2	1,237		27,6
1,148		18,6	1,193		23,3	1,238		27,7
1,149		18,7	1,194		23,4	1,239		27,8
1,150	30	18,8	1,195	39	23,5	1,240	48	27,9
1,151		18,9	1,196		23,6	1,241		28,0
1,152		19,0	1,197		23,7	1,242		28,1
1,153		19,1	1,198		23,8	1,243		28,2
1,154		19,2	1,199		23,9	1,244		28,3
1,155	31	19,3	1,200	40	24,0	1,245	49	28,4
1,156		19,4	1,201		24,1	1,247		28,5
1,157		19,5	1,202		24,2	1,248		28,6
1,158		19,6	1,203		24,3	1,249		28,7
1,159		19,7	1,204		24,4	1,250	50	28,8
1,160	32	19,8	1,205	41	24,5	1,251		28,9
1,161		19,9	1,206		24,6	1,252		29,0
1,162		20,0	1,207		24,7	1,253		29,1
1,163		20,1	1,208		24,8	1,254		29,2

Specif. Gew.	Twad.	Beaumé
1,255	51	29,3
1,256		29,4
1,258		29,5
1,259		29,6
1,260	52	29,7
1,261		29,8
1,262		29,9
1,263		30,0
1,264		30,1
1,265	53	30,2
1,266		30,3
1,267		30,4
1,269		30,5
1,270	54	30,6
1,271		30,7
1,272		30,8
1,273		30,9
1,274		31,0
1,275	55	31,1
1,276		31,2
1,277		31,3
1,278		31,4
1,280	56	31,5
1,281		31,6
1,282		31,7
1,283		31,8
1,284		31,9
1,285	57	32,0
1,286		32,1
1,287		32,2
1,289		32,3
1,290	58	32,4
1,291		32,5
1,292		32,6
1,293		32,7
1,295	59	32,8
1,296		32,9
1,297		33,0
1,298		33,1
1,299		33,2
1,300	60	33,3
1,301		33,4
1,303		33,5
1,304		33,6
1,305	61	33,7
1,306		33,8
1,307		33,9
1,308		34,0
1,309		34,1
1,310	62	34,2
1,312		34,3
1,313		34,4
1,314		34,5
1,315	63	34,6
1,316		34,7
1,318		34,8
1,319		34,9
1,320	64	35,0
1,321		35,1
1,322		35,2
1,324		35,3
1,325	65	35,4
1,326		35,5
1,327		35,6
1,328		35,7
1,330	66	35,8
1,331		35,9
1,332		36,0
1,333		36,1
1,335	67	36,2
1,336		36,3
1,337		36,4
1,339		36,5
1,340	68	36,6
1,341		36,7
1,342		36,8
1,344		36,9
1,345	69	37,0
1,346		37,1
1,347		37,2
1,349		37,3
1,350	70	37,4
1,351		37,5
1,352		37,6
1,353		37,7
1,355	71	37,8
1,356		37,9
1,357		38,0
1,358		38,1
1,360	72	38,2
1,361		38,3
1,362		38,4
1,364		38,5
1,365	73	38,6
1,366		38,7
1,367		38,8
1,369		38,9
1,370	74	39,0
1,371		39,1
1,373		39,2
1,374		39,3
1,375	75	39,4
1,377		39,5
1,378		39,6
1,379		39,7
1,380	76	39,8
1,382		39,9
1,383		40,0
1,384		40,1
1,385	77	40,1
1,386		40,2
1,387		40,3
1,389		40,4
1,390	78	40,5
1,391		40,6
1,393		40,7
1,394		40,8
1,395	79	40,8
1,396		40,9
1,397		41,0
1,398		41,1
1,400	80	41,2
1,401		41,3
1,402		41,4
1,404		41,5
1,405	81	41,6
1,406		41,7
1,407		41,8
1,409		41,9
1,410	82	42,0
1,411		42,1
1,413		42,2
1,414		42,3
1,415	83	42,3
1,416		42,4

Specif. Gew.	Twad.	Beaumé	Specif. Gew.	Twad.	Beaumé	Specif. Gew.	Twad.	Beaumé
1,417		42,5	1,479		46,7	1,543		50,8
1,418		42,6	1,480	96	46,8	1,544		50,9
1,420	84	42,7	1,482		46,9	1,545	109	50,9
1,421		42,8	1,483		47,0	1,546		51,0
1,423		42,9	1,485	97	47,1	1,548		51,1
1,424		43,0	1,486		47,2	1,549		51,2
1,425	85	43,1	1,488		47,3	1,550	110	51,2
1,427		43,2	1,489		47,4	1,551		51,3
1,428		43,3	1,490	98	47,4	1,553		51,4
1,430	86	43,4	1,491		47,5	1,555	111	51,5
1,431		43,5	1,492		47,6	1,556		51,6
1,432		43,6	1,494		47,7	1,558		51,7
1,434		43,7	1,495	99	47,8	1,560	112	51,8
1,435	87	43,8	1,497		47,9	1,561		51,9
1,437		43,9	1,498		48,0	1,563		52,0
1,438		44,0	1,500	100	48,1	1,565	113	52,1
1,440	88	44,1	1,501		48,2	1,566		52,2
1,441		44,2	1,503		48,3	1,568		52,3
1,443		44,3	1,504		48,4	1,570	114	52,4
1,444		44,4	1,505	101	48,4	1,572		52,5
1,445	89	44,4	1,506		48,5	1,573		52,6
1,446		44,5	1,508		48,6	1,575	115	52,7
1,447		44,6	1,509		48,7	1,577		52,8
1,449		44.7	1,510	102	48,7	1,578		52,9
1,450	90	44,8	1,511		48,8	1,580	116	53,0
1,452		44,9	1,512		48,9	1,582		53,1
1,453		45,0	1,514		49,0	1,583		53,2
1,455	91	45,1	1,515	103	49,0	1,585	117	53,3
1,456		45,2	1,516		49,1	1,587		53,4
1,458		45,3	1,517		49,2	1,589		53,5
1,459		45,4	1,519		49,3	1,590	118	53,6
1,460	92	45,4	1,520	104	49,4	1,592		53,7
1,461		45,5	1,522		49,5	1,594		53,8
1,462		45,6	1,524		49,6	1,595	119	53,9
1,464		45,7	1,525	105	49,7	1,597		54,0
1,465	93	45,8	1,527		49,8	1,599		54,1
1,467		45,9	1,528		49,9	1,600	120	54,1
1,468		46,0	1,530	106	50,0	1,601		54,2
1,470	94	46,1	1,532		50,1	1,602		54,3
1,471		46,2	1,533		50,2	1,604		54,4
1,473		46,3	1,535	107	50,3	1,605	121	54,4
1,474		46,4	1,536		50,4	1,606		54,5
1,475	95	46,4	1,538		50,5	1,608		54,6
1,476		46,5	1,540	108	50,6	1,610	122	54,7
1,477		46,6	1,541		50,7	1,611		54,8

Specif. Gew.	Twad.	Beaumé	Specif. Gew.	Twad.	Beaumé	Specif. Gew.	Twad.	Beaumé
1,613		54,9	1,689		58,9	1,765	**153**	62,5
1,615	**123**	55,0	1,690	**138**	58,9	1,766		62,6
1,617		55,1	1,691		59,0	1,768		62,7
1,619		55,2	1,693		59,1	1,770	**154**	62,8
1,620	**124**	55,2	1,695	**139**	59,2	1,772		62,9
1,621		55,3	1,697		59,3	1,774		63,0
1,623		55,4	1,699		59,4	1,775	**155**	63,0
1,625	**125**	55,5	1,700	**140**	59,5	1,776		63,1
1,626		55,6	1,701		59,5	1,778		63,2
1,628		55,7	1,703		59,6	1,780	**156**	63,2
1,630	**126**	55,8	1,705	**141**	59,7	1,781		63,3
1,632		55,9	1,707		59,8	1,783		63,4
1,634		56,0	1,709		59,9	1,785	**157**	63,5
1,635	**127**	56,0	1,710	**142**	60,0	1,787		63,6
1,636		56,1	1,711		60,0	1,789		63,7
1,638		56,2	1,713		60,1	1,790	**158**	63,7
1,639		56,3	1,715	**143**	60,2	1,792		63,8
1,640	**128**	56,3	1,717		60,3	1,794		63,9
1,641		56,4	1,719		60,4	1,795	**159**	64,0
1,643		56,5	1,720	**144**	60,4	1,796		64,0
1,645	**129**	56,6	1,722		60,5	1,798		64,1
1,647		56,7	1,724		60,6	1,800	**160**	64,2
1,648		56,8	1,725	**145**	60,6	1,801		64,2
1,650	**130**	56,9	1,726		60,7	1,803		64,3
1,652		57,0	1,728		60,8	1,805	**161**	64,4
1,654		57,1	1,730	**146**	60,9	1,808		64,5
1,655	**131**	57,1	1,732		61,0	1,810	**162**	64,6
1,656		57,2	1,734		61,1	1,812		64,7
1,658		57,3	1,735	**147**	61,1	1,814		64,8
1,660	**132**	57,4	1,736		61,2	1,815	**163**	64,8
1,662		57,5	1,738		61,3	1,817		64,9
1,663		57,6	1,740	**148**	61,4	1,819		65,0
1,665	**133**	57,7	1,743		61,5	1,820	**164**	65,0
1,667		57,8	1,745	**149**	61,6	1,822		65,1
1,669		57,9	1,747		61,7	1,824		65,2
1,670	**134**	57,9	1,749		61,8	1,825	**165**	65,2
1,671		58,0	1,750	**150**	61,8	1,826		65,3
1,673		58,1	1,751		61,9	1,828		65,4
1,675	**135**	58,2	1,753		62,0	1,830	**166**	65,5
1,677		58,3	1,755	**151**	62,1	1,831		65,5
1,679		58,4	1,757		62,2	1,833		65,6
1,680	**136**	58,4	1,759		62,3	1,835	**167**	65,7
1,681		58,5	1,760	**152**	62,3	1,838		65,8
1,683		58,6	1,761		62,4	1,840		65,9
1,685	**137**	58,7	1,763		62,5	1,842	**168**	66,0
1,687		58,8						

Reduction der specifischen Gewichte von Schwefelsäuren

Temperaturen =	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Spec.Gew.	1,857	1,852	1,846	1,840	1,835	1,830	1,825	1,821	1,816	1,811
„	1,847	1,841	1,836	1,830	1,825	1,820	1,815	1,810	1,805	1,800
„	1,837	1,831	1,825	1,820	1,815	1,809	1,804	1,799	1,794	1,789
„	1,827	1,821	1,815	1,810	1,805	1,799	1,793	1,788	1,783	1,778
„	1,817	1,811	1,805	1,800	1,794	1,788	1,783	1,777	1,772	1,766
„	1,807	1,801	1,796	1,790	1,784	1,778	1,773	1,767	1,762	1,756
„	1,797	1,791	1,786	1,780	1,774	1,768	1,763	1,757	1,752	1,746
„	1,786	1,781	1,776	1,770	1,765	1,759	1,754	1,748	1,743	1,737
„	1,776	1,770	1,765	1,760	1,755	1,749	1,744	1,738	1,733	1,728
„	1,765	1,760	1,755	1,750	1,745	1,740	1,735	1,730	1,725	1,720
„	1,754	1,750	1,745	1,740	1,735	1,730	1,726	1,721	1,716	1,711
„	1,744	1,740	1,735	1,730	1,725	1,720	1,716	1,711	1,706	1,701
„	1,734	1,730	1,725	1,720	1,715	1,710	1,706	1,701	1,696	1,691
„	1,724	1,720	1,715	1,710	1,705	1,700	1,696	1,691	1,686	1,681
„	1,714	1,710	1,705	1,700	1,695	1,690	1,686	1,681	1,676	1,671
„	1,704	1,700	1,695	1,690	1,685	1,680	1,676	1,671	1,666	1,661
„	1,694	1,690	1,685	1,680	1,675	1,670	1,666	1,661	1,656	1,651
„	1,684	1,680	1,675	1,670	1,665	1,660	1,656	1,651	1,646	1,641
„	1,674	1,670	1,665	1,660	1,655	1,650	1,646	1,641	1,636	1,632
„	1,664	1,660	1,655	1,650	1,645	1,640	1,636	1,632	1,627	1,622
„	1,654	1,650	1,645	1,640	1,635	1,631	1,626	1,622	1,617	1,612
„	1,644	1,640	1,635	1,630	1,625	1,621	1,616	1,612	1,607	1,602
„	1,634	1,630	1,625	1,620	1,615	1,611	1,606	1,602	1,597	1,592
„	1,624	1,620	1,615	1,610	1,605	1,601	1,596	1,592	1,587	1,582
„	1,614	1,610	1,605	1,600	1,595	1,591	1,586	1,582	1,577	1,572
„	1,604	1,600	1,595	1,590	1,585	1,581	1,576	1,572	1,567	1,562
„	1,594	1,589	1,584	1,580	1,575	1,570	1,566	1,562	1,558	1,553
„	1,584	1,579	1,574	1,570	1,566	1,561	1,556	1,552	1,548	1,543
„	1,574	1,569	1,564	1,560	1,556	1,552	1,547	1,543	1,539	1,534
„	1,563	1,558	1,554	1,550	1,546	1,542	1,538	1,534	1,530	1,525
„	1,552	1,548	1,544	1,540	1,536	1,532	1,528	1,524	1,520	1,516
„	1,542	1,538	1,534	1,530	1,526	1,522	1,518	1,514	1,510	1,506
„	1,532	1,528	1,524	1,520	1,516	1,512	1,508	1,504	1,500	1,497
„	1,522	1,518	1,514	1,510	1,506	1,502	1,498	1,494	1,490	1,486
„	1,512	1,508	1,504	1,500	1,496	1,492	1,488	1,484	1,480	1,476
„	1,502	1,498	1,494	1,490	1,486	1,482	1,478	1,474	1,470	1,466
„	1,492	1,488	1,484	1,480	1,476	1,472	1,468	1,465	1,461	1,457
„	1,482	1,478	1,474	1,470	1,466	1,462	1,458	1,455	1,451	1,447
„	1,472	1,468	1,464	1,460	1,456	1,452	1,448	1,445	1,442	1,438
„	1,462	1,458	1,454	1,450	1,446	1,442	1,438	1,435	1,432	1,429
„	1,452	1,448	1,444	1,440	1,436	1,432	1,429	1,426	1,423	1,420

verschiedener Stärke auf andere Temperaturen.

50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°
1,806	1,801	1,796	1,792	1,787	1,782	1,778	1,774	1,770	1,766	1,762
1,795	1,790	1,785	1,781	1,776	1,770	1,766	1,762	1,757	1,752	1,748
1,784	1,779	1,774	1,769	1,764	1,759	1,754	1,749	1,744	1,739	1,734
1,773	1,767	1,762	1,757	1,752	1,747	1,741	1,736	1,731	1,726	1,721
1,761	1,755	1,750	1,744	1,739	1,734	1,729	1,724	1,719	1,714	1,708
1,751	1,746	1,741	1,735	1,730	1,725	1,720	1,715	1,710	1,705	1,700
1,741	1,736	1,731	1,726	1,721	1,716	1,712	1,707	1,702	1,697	1,692
1,732	1,727	1,722	1,717	1,712	1,707	1,702	1,697	1,693	1,688	1,683
1,723	1,718	1,713	1,708	1,703	1,698	1,693	1,688	1,684	1,679	1,674
1,715	1,710	1,705	1,700	1,695	1,690	1,685	1,681	1,676	1,671	1,667
1,706	1,702	1,697	1,692	1,688	1,683	1,678	1,674	1,669	1,664	1,660
1,696	1,692	1,687	1,683	1,678	1,673	1,668	1,664	1,659	1,654	1,650
1,686	1,682	1,677	1,673	1,668	1,663	1,659	1,654	1,649	1,644	1,640
1,676	1,672	1,667	1,663	1,658	1,653	1,649	1,644	1,639	1,635	1,630
1,667	1,662	1,657	1,653	1,648	1,644	1,639	1,634	1,630	1,625	1,620
1,656	1,652	1,647	1,642	1,638	1,634	1,630	1,625	1,620	1,615	1,610
1,646	1,642	1,637	1,632	1,628	1,624	1,620	1,615	1,611	1,606	1,602
1,637	1,633	1,628	1,623	1,619	1,615	1,611	1,606	1,602	1,597	1,593
1,628	1,623	1,619	1,614	1,610	1,606	1,602	1,597	1,593	1,588	1,584
1,618	1,614	1,610	1,605	1,600	1,596	1,592	1,588	1,583	1,579	1,575
1,608	1,604	1,600	1,595	1,591	1,586	1,582	1,578	1,574	1,570	1,565
1,598	1,594	1,590	1,585	1,581	1,577	1,573	1,569	1,565	1,561	1,556
1,588	1,584	1,580	1,576	1,572	1,568	1,564	1,560	1,556	1,552	1,547
1,578	1,574	1,570	1,566	1,562	1,558	1,554	1,550	1,546	1,542	1,537
1,568	1,564	1,560	1,556	1,552	1,548	1,544	1,540	1,536	1,531	1,527
1,558	1,554	1,550	1,545	1,541	1,537	1,533	1,529	1,525	1,521	1,516
1,548	1,544	1,539	1,535	1,531.	1,527	1,523	1,519	1,515	1,510	1,506
1,539	1,535	1,531	1,526	1,522	1,518	1,513	1,509	1,505	1,501	1,496
1,530	1,526	1,522	1,517	1,513	1,509	1,504	1,500	1,496	1,492	1,487
1,521	1,517	1,513	1,509	1,504	1,500	1,495	1,491	1,487	1,483	1,478
1,512	1,508	1,504	1,500	1,495	1,491	1,486	1,482	1,478	1,473	1,469
1,502	1,498	1,494	1,490	1,485	1,481	1,476	1,472	1,468	1,463	1,459
1,492	1,488	1,484	1,480	1,476	1,472	1,467	1,462	1,458	1,453	1,449
1,482	1,478	1,474	1,470	1,466	1,462	1,457	1,452	1,448	1,443	1,438
1,472	1,468	1,464	1,460	1,455	1,451	1,446	1,442	1,438	1,433	1,428
1,462	1,458	1,454	1,450	1,445	1,441	1,437	1,433	1,429	1,424	1,419
1,453	1,449	1,445	1,441	1,436	1,432	1,428	1,424	1,419	1,414	1,410
1,443	1,439	1,435	1,431	1,427	1,423	1,418	1,414	1,409	1,405	1,401
1,434	1,430	1,426	1,422	1,418	1,413	1,409	1,405	1,400	1,396	1,392
1,425	1,421	1,417	1,413	1,409	1,404	1,400	1,396	1,391	1,387	1,383
1,416	1,412	1,407	1,403	1,399	1,395	1,391	1,386	1,382	1,378	1,374

Temperaturen =	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Spec.Gew.	1,442	1,438	1,434	1,430	1,426	1,422	1,419	1,416	1,413	1,409
„	1,432	1,428	1,424	1,421	1,416	1,413	1,410	1,406	1,402	1,398
„	1,422	1,418	1,414	1,410	1,406	1,403	1,399	1,396	1,392	1,388
„	1,412	1,408	1,404	1,400	1,396	1,393	1,389	1,386	1,382	1,378
„	1,402	1,398	1,394	1,390	1,386	1,383	1,379	1,376	1,372	1,368
„	1,392	1,388	1,384	1,380	1,376	1,373	1,370	1,366	1,362	1,359
„	1,382	1,378	1,374	1,370	1,366	1,363	1,360	1,356	1,352	1,349
„	1,372	1,368	1,364	1,360	1,356	1,353	1,350	1,347	1,344	1,340
„	1,362	1,358	1,354	1,350	1,346	1,343	1,340	1,337	1,334	1,330
„	1,352	1,348	1,344	1,340	1,336	1,333	1,330	1,327	1,324	1,320
„	1,341	1,337	1,333	1,330	1,327	1,324	1,321	1,318	1,314	1,310
„	1,330	1,326	1,323	1,320	1,317	1,314	1,311	1,308	1,304	1,301
„	1,320	1,316	1,313	1,310	1,307	1,304	1,301	1,298	1,294	1,291
„	1,310	1,306	1,303	1,300	1,297	1,294	1,291	1,288	1,284	1,281
„	1,300	1,296	1,293	1,290	1,287	1,284	1,280	1,277	1,274	1,270
„	1,290	1,286	1,283	1,280	1,277	1,274	1,270	1,267	1,264	1,260
„	1,280	1,276	1,273	1,270	1,267	1,264	1,260	1,257	1,254	1,250
„	1,270	1,266	1,263	1,260	1,257	1,254	1,251	1,248	1,245	1,241
„	1,260	1,256	1,253	1,250	1,247	1,244	1,241	1,238	1,235	1,231
„	1,250	1,246	1,243	1,240	1,237	1,234	1,230	1,227	1,224	1,220
„	1,240	1,236	1,233	1,230	1,227	1,224	1,220	1,217	1,214	1,210
„	1,230	1,226	1,223	1,220	1,217	1,214	1,210	1,207	1,204	1,200
„	1,220	1,216	1,213	1,210	1,207	1,204	1,200	1,197	1,194	1,190
„	1,210	1,206	1,203	1,200	1,196	1,193	1,190	1,186	1,183	1,180
„	1,200	1,196	1,193	1,190	1,186	1,183	1,180	1,176	1,173	1,169
„	1,190	1,186	1,183	1,180	1,176	1,173	1,170	1,166	1,163	1,159
„	1,180	1,176	1,173	1,170	1,166	1,163	1,160	1,156	1,153	1,149
„	1,169	1,166	1,163	1,160	1,157	1,153	1,150	1,147	1,144	1,141
„	1,159	1,156	1,153	1,150	1,147	1,143	1,140	1,137	1,134	1,131
„	1,149	1,146	1,143	1,140	1,137	1,134	1,131	1,128	1,125	1,122
„	1,138	1,135	1,133	1,130	1,127	1,125	1,122	1,119	1,116	1,113
„	1,128	1,125	1,123	1,120	1,118	1,115	1,112	1,110	1,107	1,104
„	1,118	1,115	1,113	1,110	1,108	1,105	1,102	1,100	1,097	1,094
„	1,108	1,105	1,103	1,100	1,097	1,094	1,092	1,090	1,087	1,084
„	1,098	1,095	1,093	1,090	1,087	1,084	1,082	1,080	1,077	1,074
„	1,088	1,085	1,083	1,080	1,077	1,074	1,072	1,070	1,067	1,064
„	1,078	1,075	1,073	1,070	1,067	1,064	1,062	1,060	1,057	1,054
„	1,068	1,065	1,063	1,060	1,057	1,054	1,052	1,050	1,048	1,044
„	1,058	1,055	1,053	1,050	1,047	1,044	1,042	1,040	1,038	1,034
„	1,048	1,045	1,043	1,040	1,037	1,034	1,032	1,030	1,028	1,024
„	1,038	1,035	1,033	1,030	1,027	1,024	1,022	1,020	1,018	1,014
„	1,028	1,025	1,023	1,020	1,017	1,014	1,012	1,010	1,008	1,004
„	1,018	1,015	1,013	1,010	1,007	1,004	1,002	1,000	0,998	0,994

50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°
1,405	1,401	1,397	1,393	1,389	1,385	1,380	1,376	1,372	1,368	1,364
1,394	1,390	1,386	1,382	1,378	1,374	1,370	1,366	1,362	1,358	1,353
1,384	1,380	1,376	1,372	1,368	1,364	1,360	1,356	1,352	1,348	1,343
1,374	1,370	1,366	1,362	1,358	1,354	1,350	1,346	1,342	1,338	1,333
1,364	1,360	1,356	1,352	1,348						
1,355	1,351	1,346	1,342	1,338						
1,346	1,342	1,337	1,334	1,329						
1,336	1,332	1,327	1,323	1,319						
1,326	1,322	1,317	1,314	1,310						
1,316	1,312	1,308	1,304	1,300						
1,306	1,302	1,298	1,294	1,290						
1,297	1,293	1,289	1,284	1,280						
1,287	1,283	1,279	1,274	1,270						
1,277	1,273	1,269	1,265	1,260						
1,267	1,263	1,259	1,255	1,250						
1,256	1,252	1,248	1,244	1,240						
1,246	1,242	1,238	1,234	1,230						
1,237	1,233	1,228	1,224	1,220						
1,227	1,223	1,218	1,214	1,210						
1,217	1,213	1,209	1,204	1,200						
1,207	1,204	1,200	1,195	1,190						
1,197	1,194	1,190	1,185	1,180						
1,187	1,183	1,179	1,175	1,170						
1,176	1,172	1,168	1,164	1,160						
1,165	1,162	1,158	1,154	1,150						
1,155	1,152	1,148	1,144	1,140						
1,146	1,143	1,139	1,135	1,131						
1,138	1,135	1,131	1,127	1,123						
1,128	1,125	1,122	1,118	1,114						
1,119	1,116	1,113	1,109	1,106						
1,110	1,107	1,104	1,100	1,097						
1,102	1,099	1,096	1,092	1,088						
1,092	1,089	1,086	1,082	1,078						
1,082	1,079	1,075	1,072	1,068						
1,072	1,069	1,065	1,062	1,058						
1,062	1,059	1,055	1,052	1,048						
1,052	1,049	1,045	1,042	1,038						
1,042	1,039	1,035	1,032	1,028						
1,032	1,029	1,025	1,022	1,018						
1,022	1,019	1,015	1,012	1,008						
1,012	1,009	1,005	1,002	0,998						
1,002	0,999	0,995	0,992	0,988						
0,992	0,989	0,985	0,982	0,978						

Schwefelsäuretabelle:

Um 100 Thle. Säure herzustellen von	Um 100 Thle. Säure herzustellen, nimmt man von									
	151°	146°	142°	138°	134°	130°	127°	123°	119°	116°
91°	67,3	69,1	70,9	72,7	74,5	76,3	78,3	80,1	82,0	83,8
94°	69,1	70,9	72,7	74,5	76,3	78,3	80,1	82,0	83,8	85,5
97°	70,9	72,7	74,5	76,3	78,3	80,1	82,0	83,8	85,5	87,6
100°	72,7	74,5	76,3	78,3	80,1	82,0	83,8	85,5	87,6	89,6
103°	74,5	76,3	78,3	80,1	82,0	83,8	85,5	87,6	89,6	91,7
106°	76,3	78,3	80,1	82,0	83,8	85,5	87,6	89,6	91,7	93,7
109°	78,3	80,1	82,0	83,8	85,5	87,6	89,6	91,7	93,7	95,6
113°	80,1	82,0	83,8	85,5	87,6	89,6	91,7	93,7	95,6	97,9
116°	82,0	83,8	85,5	87,6	89,6	91,7	93,7	95,6	97,9	100,0

Anthon'sche Tabelle:

Spalten *a* ergeben, wie viel Gramm 168 gräd. Schwefelsäure man mit 100 g Wasser von 15 bis 20° C. mischen muss, um eine Säure vom specifischen Gewicht *b* zu erhalten.

a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
1	1,009	130	1,456	370	1,723
2	1,015	140	1,473	380	1,727
5	1,035	150	1,490	390	1,730
10	1,060	160	1,510	400	1,733
15	1,090	170	1,530	410	1,737
20	1,113	180	1,543	420	1,740
25	1,140	190	1,556	430	1,743
30	1,165	200	1,568	440	1,746
35	1,187	210	1,580	450	1,750
40	1,210	220	1,593	460	1,754
45	1,229	230	1,606	470	1,757
50	1,248	240	1,620	480	1,760
55	1,265	250	1,630	490	1,763
60	1,280	260	1,640	500	1,766
65	1,297	270	1,648	510	1,768
70	1,312	280	1,654	520	1,770
75	1,326	290	1,667	530	1,772
80	1,340	300	1,678	540	1,774
85	1,357	310	1,689	550	1,776
90	1,372	320	1,700	560	1,777
95	1,386	330	1,705	580	1,778
100	1,398	340	1,710	590	1,780
110	1,420	350	1,714	600	1,782
120	1,438	360	1,719		

Factoren zur Säureberechnung für den Phosphataufschluss.

Von	Zu	Schwefelsäure				Salzsäure	
		SO_3	H_2SO_4	142°	106°	HCl	33°
$Ca_3(PO_4)_2$	H_3PO_4	0,7742	0,9484	1,2159	1,5174	—	—
„	$CaH_4(PO_4)_2$	0,5161	0,6322	0,8105	1,0131	0,4710	1,4672
P_2O_5	„	1,1268	1,3803	1,7700	2,2125	1,0283	3,2034
CaO	„	0,9523	1,1666	1,4956	1,8695	0,8690	2,7071
$CaHPO_4$	„	0,2940	0,3602	0,4617	0,5771	0,2684	0,8361
$Mg_3(PO_4)_2$	$MgH_4(PO_4)_2$	0,6121	0,7481	0,9591	1,1989	0,5572	1,7358
MgO	„	1,3333	1,6333	2,0940	2,6175	1,2166	3,7900
$MgHPO_4$	„	0,3333	0,4083	0,5234	0,6543	0,3041	0,9473
$AlPO_4$	H_3PO_4	0,9836	1,2049	1,5447	1,9308	0,8975	2,7959
$FePO_4$	„	0,7947	0,9735	1,2480	1,5600	0,7251	2,2590
$CaCO_3$	$CaSO_4$; $CaCl_2$	0,8000	0,9800	1,2564	1,5705	0,7300	2,2741
$MgCO_3$	$MgSO_4$; $MgCl_2$	0,9524	1,1667	1,4957	1,8696	0,8690	2,7071
CO_2	—	1,8181	2,2272	2,8553	3,5691	1,6591	5,1685
$CaCl_2$	$CaSO_4$	0,7207	0,8829	1,1319	1,4149	—	—
$MgCl_2$	$MgSO_4$	0,8421	1,0316	1,3225	1,6531	—	—
$CaFl_2$	$CaSO_4$	1,0256	1,2564	1,6107	2,0134	—	—
Al_2O_3	$Al_2(SO_4)_3$; Al_2Cl_6	2,3528	2,8823	3,6952	4,6190	2,1470	6,6885
Fe_2O_3	„	1,5000	1,8375	2,3557	2,9446	1,3687	4,2638
CaO	$CaSO_4$	1,4285	1,7500	2,2435	2,8047	1,2678	3,9492

Gefrierpunkte der Schwefelsäure*):

Säure vom specifischen Gewicht 1,672 bis 1,710 = flüssig bei — 20° C.
„ „ „ „ 1,727 = — 7,5
„ „ „ „ 1,733 = — 8,5
„ „ „ „ 1,750 = — 0,2
„ „ „ „ 1,768 = + 1,6
„ „ „ „ 1,780 = + 8,5
„ „ „ „ 1,791 = + 4,5
„ „ „ „ 1,806 = — 9,0
„ „ „ „ 1,823 bis 1,84 = flüssig bei — 20° C.

*) Bericht der chem. Gesellsch. 1881, S. 2650; Chem.-Ztg. 1892, S. 1688.

Siedepunkte der Schwefelsäure nach Lunge:

Säure von	92°	kocht bei	133°	C.	Säure von	123°	kocht bei	170° C.
„	„	101°	„	„	141,5°	„	„	„	„	128°	„	„	174,5°	„
„	„	106°	„	„	147°	„	„	„	„	132°	„	„	180,5°	„
„	„	111°	„	„	153,5°	„	„	„	„	136°	„	„	189°	„
„	„	117°	„	„	161°	„	„	„	„	142°	„	„	199°	„

Phosphorsäure-Tabelle bei 15°C.

Spec. Gew.	Procent H_3PO_4	Procent P_2O_5	Spec. Gew.	Procent H_3PO_4	Procent P_2O_5
1,0054	1	0,73	1,1962	31	22,51
1,0109	2	1,45	1,2036	32	23,23
1,0164	3	2,18	1,2111	33	23,96
1,0220	4	2,90	1,2186	34	24,68
1,0276	5	3,63	1,2262	35	25,41
1,0333	6	4,36	1,2338	36	26,14
1,0390	7	5,08	1,2415	37	26,86
1,0449	8	5,81	1,2493	38	27,59
1,0508	9	6,53	1,2572	39	28,31
1,0567	10	7,26	1,2651	40	29,04
1,0627	11	7,99	1,2731	41	29,77
1,0688	12	8,71	1,2812	42	30,49
1,0749	13	9,44	1,2894	43	31,22
1,0811	14	10,16	1,2976	44	31,94
1,0874	15	10,89	1,3059	45	32,67
1,0937	16	11,62	1,3143	46	33,50
1,1001	17	12,34	1,3227	47	34,22
1,1065	18	13,07	1,3313	48	34,95
1,1130	19	13,79	1,3399	49	35,67
1,1196	20	14,52	1,3486	50	36,40
1,1262	21	15,25	1,3573	51	37,13
1,1329	22	15,97	1,3661	52	37,85
1,1397	23	16,70	1,3750	53	38,58
1,1465	24	17,42	1,3840	54	39,30
1,1534	25	18,15	1,3931	55	40,03
1,1604	26	18,88	1,4022	56	40,76
1,1674	27	19,60	1,4114	57	41,48
1,1745	28	20,33	1,4207	58	42,21
1,1817	29	21,05	1,4301	59	42,93
1,1889	30	21,78	1,4395	60	43,66

Nach H. Schiff ist, wenn D die Dichtigkeit der Lösung und p der Procentgehalt an H_3PO_4, $D = 1 + 0{,}00537\,p + 0{,}00002886\,p^2 + 0{,}00000006\,p^3$.

Tabelle über das specifische Gewicht wässeriger Citronensäurelösung bei verschiedenem Gehalt an krystallisirter Säure nach Gerlach.

Proc. kryst. Citronensäure	Spec. Gewicht bei 15° C.	Proc. kryst. Citronensäure	Spec. Gewicht bei 15° C.
1	1,0037	34	1,1422
2	1,0074	35	1,1467
3	1,0111	36	1,1515
4	1,0149	37	1,1564
5	1,0186	38	1,1612
6	1,0227	39	1,1661
7	1,0268	40	1,1709
8	1,0309	41	1,1756
9	1,0350	42	1,1814
10	1,0392	43	1,1851
11	1,0431	44	1,1899
12	1,0470	45	1,1947
13	1,0509	46	1,1998
14	1,0549	47	1,2050
15	1,0588	48	1,2103
16	1,0632	49	1,2153
17	1,0675	50	1,2204
18	1,0718	51	1,2257
19	1,0762	52	1,2307
20	1,0805	53	1,2359
21	1,0848	54	1,2410
22	1,0889	55	1,2462
23	1,0930	56	1,2514
24	1,0972	57	1,2572
25	1,1014	58	1,2627
26	1,1060	59	1,2683
27	1,1106	60	1,2738
28	1,1152	61	1,2794
29	1,1198	62	1,2849
30	1,1244	63	1,2904
31	1,1288	64	1,2960
32	1,1333	65	1,3015
33	1,1378	66	1,3071

Tabelle über das specifische Gewicht von Kalilaugen bei 15°.

Specifisches Gewicht	Twaddell	Beaumé	100 Gewichtstheile enthalten		1 cbm enthält Kilogramm	
			K_2O	KOH	K_2O	KOH
1,007	1,4	1	0,7	0,9	7	9
1,014	2,8	2	1,4	1,7	14	17
1,022	4,4	3	2,2	2,6	22	26
1,029	5,8	4	2,9	3,5	30	36
1,037	7,4	5	3,8	4,5	39	46
1,045	9,0	6	4,7	5,6	49	58
1,052	10,4	7	5,4	6,4	57	67
1,060	12,0	8	6,2	7,4	66	78
1,067	13,4	9	6,9	8,2	74	88
1,075	15,0	10	7,7	9,2	83	99
1,083	16,6	11	8,5	10,1	92	109
1,091	18,2	12	9,2	10,9	100	119
1,100	20,0	13	10,1	12,0	111	132
1,108	21,6	14	10,8	12,9	119	143
1,116	23,2	15	11,6	13,8	129	153
1,125	25,0	16	12,4	14,8	140	167
1,134	26,8	17	13,2	15,7	150	178
1,142	28,4	18	13,9	16,5	159	188
1,152	30,4	19	14,8	17,6	170	203
1,162	32,4	20	15,6	18,6	181	216
1,171	34,2	21	16,4	19,5	192	228
1,180	36,0	22	17,2	20,5	203	242
1,190	38,0	23	18,0	21,4	214	255
1,200	40,0	24	18,8	22,4	226	269
1,210	42,0	25	19,6	23,3	237	282
1,220	44,0	26	20,3	24,2	248	295
1,231	46,2	27	21,1	25,1	260	309
1,241	48,2	28	21,9	26,1	272	324
1,252	50,4	29	22,7	27,0	284	338
1,263	52,6	30	23,5	28,0	297	353
1,274	54,8	31	24,2	28,9	308	368
1,285	57,0	32	25,0	29,8	321	385
1,297	59,4	33	25,8	30,7	335	398
1,308	61,6	34	26,7	31,8	349	416
1,320	64,0	35	27,5	32,7	363	432
1,332	66,4	36	28,3	33,7	377	449
1,345	69,0	37	29,3	34,9	394	469
1,357	71,4	38	30,2	35,9	410	487
1,370	74,0	39	31,0	36,9	425	506
1,383	76,6	40	31,8	37,8	440	522
1,397	79,4	41	32,7	38,9	457	543
1,410	82,0	42	33,5	39,9	472	563
1,424	84,8	43	34,4	40,9	490	582
1,438	87,6	44	35,4	42,1	509	605
1,453	90,6	45	36,5	43,4	530	631
1,468	93,6	46	37,5	44,6	549	655
1,483	96,6	47	38,5	45,8	571	679
1,498	99,6	48	39,6	47,1	593	706
1,514	102,8	49	40,6	48,3	615	731
1,530	106,0	50	41,5	49,4	635	756
1,546	109,2	51	42,5	50,6	655	779
1,563	112,6	52	43,6	51,9	681	811
1,580	116,0	53	44,7	53,2	706	840
1,597	119,4	54	45,8	54,5	731	870
1,615	123,0	55	47,0	55,9	759	902
1,634	126,8	56	48,3	57,5	789	940

Gehalt von Aetznatronlaugen nach dem specifischen Gewicht bei 15°.

Specifisches Gewicht	Twaddell	Beaumé	Procent Na_2O	Procent NaOH	1 cbm enthält Kilogramm	
					Na_2O	NaOH
1,007	1,4	1	0,47	0,61	4	6
1,014	2,8	2	0,93	1,20	9	12
1,022	4,4	3	1,55	2,00	16	21
1,029	5,8	4	2,10	2,71	22	28
1,036	7,2	5	2,60	3,35	27	35
1,045	9,0	6	3,10	4,00	32	42
1,052	10,4	7	3,60	4,64	38	49
1,060	12,0	8	4,10	5,29	43	56
1,067	13,4	9	4,55	5,87	49	63
1,075	15,0	10	5,08	6,55	55	70
1,083	16,6	11	5,67	7,31	61	79
1,091	18,2	12	6,20	8,00	68	87
1,100	20,0	13	6,73	8,68	74	95
1,108	21,6	14	7,30	9,42	81	104
1,116	23,2	15	7,80	10,06	87	112
1,125	25,0	16	8,50	10,97	96	123
1,134	26,8	17	9,18	11,84	104	134
1,142	28,4	18	9,80	12,64	112	144
1,152	30,4	19	10,50	13,55	121	156
1,162	32,4	20	11,14	14,37	129	167
1,171	34,2	21	11,73	15,13	137	177
1,180	36,0	22	12,33	15,91	146	188
1,190	38,0	23	13,00	16,77	155	200
1,200	40,0	24	13,70	17,67	164	212
1,210	42,0	25	14,40	18,58	174	225
1,220	44,0	26	15,18	19,58	185	239
1,231	46,2	27	15,96	20,59	196	253
1,241	48,2	28	16,76	21,42	208	266
1,252	50,4	29	17,55	22,64	220	283
1,263	52,6	30	18,35	23,67	232	299
1,274	54,8	31	19,23	24,81	245	316
1,285	57,0	32	20,00	25,80	257	332
1,297	59,4	33	20,80	26,83	270	348
1,308	61,6	34	21,55	27,80	282	364
1,320	64,0	35	22,35	28,83	295	381
1,332	66,4	36	23,20	29,93	309	399
1,345	69,0	37	24,20	31,22	326	420
1,357	71,4	38	25,17	32,47	342	441
1,370	74,0	39	26,12	33,69	359	462
1,383	76,6	40	27,10	34,96	375	483
1,397	79,4	41	28,10	36,25	392	506
1,410	82,0	42	29,05	37,47	410	528
1,424	84,8	43	30,08	38,80	428	553
1,438	87,6	44	31,00	39,99	446	575
1,453	90,6	45	32,10	41,41	466	602
1,468	93,6	46	33,20	42,83	487	629
1,483	96,6	47	34,40	44,38	510	658
1,498	99,6	48	35,70	46,15	535	691
1,514	102,8	49	36,90	47,60	559	721
1,530	106,0	50	38,00	49,02	581	750

Tabelle der specifischen Gewichte von Ammoniaklösungen bei 15° nach Lunge und Wiernik.

Spec. Gew. bei 15°	Procent NH_3	Ein Liter enthält NH_3 bei 15° g	Correction des spec. Gew. für ± 1°	Spec. Gew. bei 15°	Procent NH_3	Ein Liter enthält NH_3 bei 15° g	Correction des spec. Gew. für ± 1°
1,000	0,00	0,0	0,00018	0,940	15,63	146,9	0,00039
0,998	0,45	4,5	0,00018	0,938	16,22	152,1	0,00040
0,996	0,91	9,1	0,00019	0,936	16,82	157,4	0,00041
0,994	1,37	13,6	0,00019	0,934	17,42	162,7	0,00041
0,992	1,84	18,2	0,00020	0,932	18,03	168,1	0,00042
0,990	2,31	22,9	0,00020	0,930	18,64	173,4	0,00042
0,988	2,80	27,7	0,00021	0,928	19,25	178,6	0,00043
0,986	3,30	32,5	0,00021	0,926	19,87	184,2	0,00044
0,984	3,80	37,4	0,00022	0,924	20,49	189,3	0,00045
0,982	4,30	42,2	0,00022	0,922	21,12	194,7	0,00046
0,980	4,80	47,0	0,00023	0,920	21,75	200,1	0,00047
0,978	5,30	51,8	0,00023	0,918	22,39	205,6	0,00048
0,976	5,80	56,6	0,00024	0,916	23,03	210,9	0,00049
0,974	6,30	61,4	0,00024	0,914	23,68	216,3	0,00050
0,972	6,80	66,1	0,00025	0,912	24,33	221,9	0,00051
0,970	7,31	70,9	0,00025	0,910	24,99	227,4	0,00052
0,968	7,82	75,7	0,00026	0,908	25,65	232,9	0,00053
0,966	8,33	80,5	0,00026	0,906	26,31	238,3	0,00054
0,964	8,84	85,2	0,00027	0,904	26,98	243,9	0,00055
0,962	9,35	89,9	0,00028	0,902	27,65	249,4	0,00056
0,960	9,91	95,1	0,00029	0,900	28,33	255,0	0,00057
0,958	10,47	100,3	0,00030	0,898	29,01	260,5	0,00058
0,956	11,03	105,4	0,00031	0,896	29,69	266,0	0,00059
0,954	11,60	110,7	0,00032	0,894	30,37	271,5	0,00060
0,952	12,17	115,9	0,00033	0,892	31,05	277,0	0,00060
0,950	12,74	121,0	0,00034	0,890	31,75	282,6	0,00061
0,948	13,31	126,2	0,00035	0,888	32,50	288,6	0,00062
0,946	13,88	131,3	0,00036	0,886	33,25	294,6	0,00063
0,944	14,46	136,5	0,00037	0,884	34,10	301,4	0,00064
0,942	15,04	141,7	0,00038	0,882	34,95	308,3	0,00065

Volumgewicht und Gehalt von Platinchloridlösung (Precht).

Vol.-Gew.	Proc. $PtCl_4$	Vol.-Gew.	Proc. $PtCl_4$	Vol.-Gew.	Proc. $PtCl_4$	Vol.-Gew.	Proc. $PtCl_4$	Vol.-Gew.	Proc. $PtCl_4$
1,009	1	1,108	11	1,227	21	1,387	31	1,568	41
1,018	2	1,119	12	1,242	22	1,395	32	1,591	42
1,027	3	1,130	13	1,256	23	1,413	33	1,615	43
1,036	4	1,141	14	1,270	24	1,431	34	1,641	44
1,046	5	1,153	15	1,285	25	1,450	35	1,666	45
1,056	6	1,165	16	1,300	26	1,469	36	1,688	46
1,066	7	1,176	17	1,315	27	1,488	37	1,712	47
1,076	8	1,188	18	1,330	28	1,500	38	1,736	48
1,086	9	1,201	19	1,346	29	1,523	39	1,760	49
1,097	10	1,214	20	1,362	30	1,546	40	1,785	50

Tabelle der Tension des Wasserdampfes in Millimetern Quecksilber für die Temperaturen von -2^0 bis $+35^0$ C., nach Regnault.

^{0} C.	Tension mm	^{0} C.	Tension mm	^{0} C.	Tension mm	^{0} C.	Tension mm
— 2,0	3,955	+ 2,8	5,608	+ 7,6	7,804	+ 12,4	10,734
1,9	3,985	2,9	5,647	7,7	7,857	12,5	10,804
1,8	4,016	3,0	5,687	7,8	7,910	12,6	10,875
1,7	4,047	3,1	5,727	7,9	7,964	12,7	10,947
1,6	4,078	3,2	5,767	8,0	8,017	12,8	11,019
1,5	4,109	3,3	5,807	8,1	8,072	12,9	11,090
1,4	4,140	3,4	5,848	8,2	8,126	13,0	11,162
1,3	4,171	3,5	5,889	8,3	8,181	13,1	11,235
1,2	4,203	3,6	5,930	8,4	8,236	13,2	11,309
1,1	4,235	3,7	5,972	8,5	8,291	13,3	11,383
1,0	4,267	3,8	6,014	8,6	8,347	13,4	11,456
0,9	4,299	3,9	6,055	8,7	8,404	13,5	11,530
0,8	4,331	4,0	6,097	8,8	8,461	13,6	11,605
0,7	4,364	4,1	6,140	8,9	8,517	13,7	11,681
0,6	4,397	4,2	6,183	9,0	8,574	13,8	11,757
0,5	4,430	4,3	6,226	9,1	8,632	13,9	11,832
0,4	4,463	4,4	6,270	9,2	8,690	14,0	11,908
0,3	4,497	4,5	6,313	9,3	8,748	14,1	11,986
0,2	4,531	4,6	6,357	9,4	8,807	14,2	12,064
0,1	4,565	4,7	6,401	9,5	8,865	14,3	12,142
0,0	4,600	4,8	6,445	9,6	8,925	14,4	12,220
+ 0,1	4,633	4,9	6,490	9,7	8,985	14,5	12,298
0,2	4,667	5,0	6,534	9,8	9,045	14,6	12,378
0,3	4,700	5,1	6,580	9,9	9,105	14,7	12,458
0,4	4,733	5,2	6,625	10,0	9,165	14,8	12,538
0,5	4,767	5,3	6,671	10,1	9,227	14,9	12,619
0,6	4,800	5,4	6,717	10,2	9,288	15,0	12,699
0,7	4,836	5,5	6,763	10,3	9,350	15,1	12,781
0,8	4,871	5,6	6,810	10,4	9,412	15,2	12,864
0,9	4,905	5,7	6,857	10,5	9,474	15,3	12,947
1,0	4,940	5,8	6,904	10,6	9,537	15,4	13,029
1,1	4,975	5,9	6,951	10,7	9,601	15,5	13,112
1,2	5,011	6,0	6,998	10,8	9,665	15,6	13,197
1,3	5,047	6,1	7,047	10,9	9,728	15,7	13,281
1,4	5,082	6,2	7,095	11,0	9,792	15,8	13,366
1,5	5,118	6,3	7,144	11,1	9,857	15,9	13,451
1,6	5,155	6,4	7,193	11,2	9,923	16,0	13,536
1,7	5,191	6,5	7,242	11,3	9,989	16,1	13,623
1,8	5,228	6,6	7,292	11,4	10,054	16,2	13,710
1,9	5,265	6,7	7,342	11,5	10,120	16,3	13,797
2,0	5,302	6,8	7,392	11,6	10,187	16,4	13,885
2,1	5,340	6,9	7,442	11,7	10,255	16,5	13,972
2,2	5,378	7,0	7,492	11,8	10,322	16,6	14,062
2,3	5,416	7,1	7,544	11,9	10,389	16,7	14,151
2,4	5,454	7,2	7,595	12,0	10,457	16,8	14,241
2,5	5,491	7,3	7,647	12,1	10,526	16,9	14,331
2,6	5,530	7,4	7,699	12,2	10,596	17,0	14,421
2,7	5,569	7,5	7,751	12,3	10,665	17,1	14,513

° C.	Tension mm	° C.	Tension mm	° C.	Tension mm	° C.	Tension mm
+ 17,2	14,605	+ 21,7	19,305	+ 26,2	25,288	+ 30,7	32,837
17,3	14,697	21,8	19,423	26,3	25,438	30,8	33,026
17,4	14,790	21,9	19,541	26,4	25,568	30,9	33,215
17,5	14,882	22,0	19,659	26,5	25,738	31,0	33,405
17,6	14,977	22,1	19,780	26,6	25,891	31,1	33,596
17,7	15,072	22,2	19,901	26,7	26,045	31,2	33,787
17,8	15,167	22,3	20,022	26,8	26,198	31,3	33,980
17,9	15,262	22,4	20,143	26,9	26,351	31,4	34,174
18,0	15,357	22,5	20,265	27,0	26,505	31,5	34,368
18,1	15,454	22,6	20,389	27,1	26,663	31,6	34,564
18,2	15,552	22,7	20,514	27,2	26,820	31,7	34,761
18,3	15,650	22,8	20,639	27,3	26,978	31,8	34,959
18,4	15,747	22,9	20,763	27,4	27,136	31,9	35,159
18,5	15,845	23,0	20,888	27,5	27,294	32,0	35,359
18,6	15,945	23,1	21,016	27,6	27,455	32,1	35,559
18,7	16,045	23,2	21,144	27,7	27,617	32,2	35,760
18,8	16,145	23,3	21,272	27,8	27,778	32,3	35,962
18,9	16,246	23,4	21,400	27,9	27,939	32,4	36,165
19,0	16,346	23,5	21,528	28,0	28,101	32,5	36,370
19,1	16,449	23,6	21,659	28,1	28,267	32,6	36,576
19,2	16,552	23,7	21,790	28,2	28,433	32,7	36,783
19,3	16,655	23,8	21,921	28,3	28,599	32,8	36,991
19,4	16,758	23,9	22,053	28,4	28,765	32,9	37,200
19,5	16,861	24,0	22,184	28,5	28,931	33,0	37,410
19,6	16,967	24,1	22,319	28,6	29,101	33,1	37,621
19,7	17,073	24,2	22,453	28,7	29,271	33,2	37,832
19,8	17,179	24,3	22,588	28,8	29,441	33,3	38,045
19,9	17,285	24,4	22,723	28,9	29,612	33,4	38,258
20,0	17,391	24,5	22,858	29,0	29,782	33,5	38,473
20,1	17,500	24,6	22,996	29,1	29,956	33,6	38,689
20,2	17,608	24,7	23,135	29,2	30,131	33,7	38,906
20,3	17,717	24,8	23,273	29,3	30,305	33,8	39,124
20,4	17,826	24,9	23,411	29,4	30,479	33,9	39,344
20,5	17,935	25,0	23,550	29,5	30,654	34,0	39,565
20,6	18,047	25,1	23,692	29,6	30,833	34,1	39,786
20,7	18,159	25,2	23,834	29,7	31,011	34,2	40,007
20,8	18,271	25,3	23,976	29,8	31,190	34,3	40,230
20,9	18,383	25,4	24,119	29,9	31,369	34,4	40,455
21,0	18,495	25,5	24,261	30,0	31,548	34,5	40,680
21,1	18,610	25,6	24,406	30,1	31,729	34,6	40,907
21,2	18,724	25,7	24,552	30,2	31,911	34,7	41,135
21,3	18,839	25,8	24,697	30,3	32,094	34,8	41,364
21,4	18,954	25,9	24,842	30,4	32,278	34,9	41,595
21,5	19,069	26,0	24,988	30,5	32,463	35,0	41,827
21,6	19,187	26,1	25,138	30,6	32,650		

Tabelle zur Berechnung der Phosphorsäure bei Anwendung von 0,5 g Substanz.

$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5
0,0300	3,84	0,0470	6,02	0,0560	7,17	0,0650	8,32	0,0740	9,47
0,0310	3,97	2	6,04	2	7,19	2	8,35	2	9,50
0,0320	4,10	4	6,07	4	7,22	4	8,37	4	9,52
0,0330	4,22	6	6,09	6	7,25	6	8,40	6	9,55
0,0340	4,35	8	6,12	8	7,27	8	8,42	8	9,57
0,0350	4,48	0,0480	6,14	0,0570	7,30	0,0660	8,45	0,0750	9,60
0,0360	4,61	2	6,17	2	7,32	2	8,47	2	9,63
0,0370	4,73	4	6,20	4	7,35	4	8,50	4	9,65
0,0380	4,86	6	6,22	6	7,37	6	8,53	6	9,68
0,0390	5,00	8	6,25	8	7,40	8	8,55	8	9,70
0,0400	5,12	0,0490	6,27	0,0580	7,42	0,0670	8,58	0,0760	9,73
2	5,15	2	6,30	2	7,45	2	8,60	2	9,75
4	5,17	4	6,32	4	7,48	4	8,63	4	9,78
6	5,20	6	6,35	6	7,50	6	8,65	6	9,81
8	5,22	8	6,37	8	7,53	8	8,68	8	9,83
0,0410	5,25	0,0500	6,40	0,0590	7,55	0,0680	8,70	0,0770	9,86
2	5,27	2	6,43	2	7,58	2	8,73	2	9,88
4	5,30	4	6,45	4	7,60	4	8,76	4	9,91
6	5,33	6	6,48	6	7,63	6	8,78	6	9,93
8	5,35	8	6,50	8	7,65	8	8,81	8	9,96
0,0420	5,38	0,0510	6,53	0,0600	7,68	0,0690	8,83	0,0780	9,98
2	5,40	2	6,55	2	7,71	2	8,86	2	10,01
4	5,43	4	6,58	4	7,73	4	8,88	4	10,04
6	5,45	6	6,61	6	7,76	6	8,91	6	10,06
8	5,48	8	6,63	8	7,78	8	8,93	8	10,09
0,0430	5,50	0,0520	6,66	0,0610	7,81	0,0700	8,96	0,0790	10,11
2	5,53	2	6,68	2	7,83	2	8,99	2	10,14
4	5,56	4	6,71	4	7,86	4	9,01	4	10,16
6	5,58	6	6,73	6	7,89	6	9,04	6	10,19
8	5,61	8	6,76	8	7,91	8	9,06	8	10,21
0,0440	5,63	0,0530	6,78	0,0620	7,94	0,0710	9,09	0,0800	10,24
2	5,66	2	6,81	2	7,96	2	9,11	2	10,27
4	5,68	4	6,84	4	7,99	4	9,14	4	10,29
6	5,71	6	6,86	6	8,01	6	9,17	6	10,32
8	5,73	8	6,89	8	8,04	8	9,19	8	10,34
0,0450	5,76	0,0540	6,91	0,0630	8,06	0,0720	9,22	0,0810	10,37
2	5,79	2	6,94	2	8,09	2	9,24	2	10,39
4	5,81	4	6,96	4	8,12	4	9,27	4	10,42
6	5,84	6	6,99	6	8,14	6	9,29	6	10,45
8	5,86	8	7,01	8	8,17	8	9,32	8	10,47
0,0460	5,89	0,0550	7,04	0,0640	8,19	0,0730	9,34	0,0820	10,50
2	5,91	2	7,07	2	8,22	2	9,37	2	10,52
4	5,94	4	7,09	4	8,24	4	9,40	4	10,55
6	5,97	6	7,12	6	8,27	6	9,42	6	10,57
8	5,99	8	7,14	8	8,29	8	9,45	8	10,60

$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5
0,0830	10,62	0,0930	11,90	0,1030	13,18	0,1130	14,46	0,1230	15,74
2	10,65	2	11,93	2	13,21	2	14,49	2	15,77
4	10,68	4	11,96	4	13,24	4	14,52	4	15,80
6	10,70	6	11,98	6	13,26	6	14,54	6	15,82
8	10,73	8	12,01	8	13,29	8	14,57	8	15,85
0,0840	10,75	0,0940	12,03	0,1040	13,31	0,1140	14,59	0,1240	15,87
2	10,78	2	12,06	2	13,34	2	14,62	2	15,90
4	10,80	4	12,08	4	13,36	4	14,64	4	15,92
6	10,83	6	12,11	6	13,39	6	14,67	6	15,95
8	10,85	8	12,13	8	13,41	8	14,69	8	15,97
0,0850	10,88	0,0950	12,16	0,1050	13,44	0,1150	14,72	0,1250	16,00
2	10,91	2	12,19	2	13,47	2	14,75	2	16,03
4	10,93	4	12,21	4	13,49	4	14,77	4	16,05
6	10,96	6	12,24	6	13,52	6	14,80	6	16,08
8	10,98	8	12,26	8	13,54	8	14,82	8	16,10
0,0860	11,01	0,0960	12,29	0,1060	13,57	0,1160	14,85	0,1260	16,13
2	11,03	2	12,31	2	13,59	2	14,87	2	16,15
4	11,06	4	12,34	4	13,62	4	14,90	4	16,18
6	11,09	6	12,37	6	13,65	6	14,93	6	16,21
8	11,11	8	12,39	8	13,67	8	14,95	8	16,23
0,0870	11,14	0,0970	12,42	0,1070	13,70	0,1170	14,98	0,1270	16,26
2	11,16	2	12,44	2	13,72	2	15,00	2	16,28
4	11,19	4	12,47	4	13,75	4	15,03	4	16,31
6	11,21	6	12,49	6	13,77	6	15,05	6	16,33
8	11,24	8	12,52	8	13,80	8	15,08	8	16,36
0,0880	11,26	0,0980	12,54	0,1080	13,82	0,1180	15,10	0,1280	16,38
2	11,29	2	12,57	2	13,85	2	15,13	2	16,41
4	11,32	4	12,60	4	13,88	4	15,16	4	16,44
6	11,34	6	12,62	6	13,90	6	15,18	6	16,46
8	11,37	8	12,65	8	13,93	8	15,21	8	16,49
0,0890	11,39	0,0990	12,67	0,1090	13,95	0,1190	15,23	0,1290	16,51
2	11,42	2	12,70	2	13,98	2	15,26	2	16,54
4	11,44	4	12,72	4	14,00	4	15,28	4	16,56
6	11,47	6	12,75	6	14,03	6	15,31	6	16,59
8	11,49	8	12,77	8	14,05	8	15,33	8	16,61
0,0900	11,52	0,1000	12,80	0,1100	14,08	0,1200	15,36	0,1300	16,64
2	11,55	2	12,83	2	14,11	2	15,39	2	16,67
4	11,57	4	12,85	4	14,13	4	15,41	4	16,69
6	11,60	6	12,88	6	14,16	6	15,44	6	16,72
8	11,62	8	12,90	8	14,18	8	15,46	8	16,74
0,0910	11,65	0,1010	12,93	0,1110	14,21	0,1210	15,49	0,1310	16,77
2	11,67	2	12,95	2	14,23	2	15,51	2	16,79
4	11,70	4	12,98	4	14,26	4	15,54	4	16,82
6	11,73	6	13,01	6	14,29	6	15,57	6	16,85
8	11,75	8	13,03	8	14,31	8	15,59	8	16,87
0,0920	11,78	0,1020	13,06	0,1120	14,34	0,1220	15,62	0,1320	16,90
2	11,80	2	13,08	2	14,36	2	15,64	2	16,92
4	11,83	4	13,11	4	14,39	4	15,67	4	16,95
6	11,85	6	13,13	6	14,41	6	15,69	6	16,97
8	11,88	8	13,16	8	14,44	8	15,72	8	17,00

$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5
0,1330	17,02	0,1430	18,30	0,1530	19,58	0,1630	20,86	0,1730	22,14
2	17,05	2	18,33	2	19,61	2	20,89	2	22,17
4	17,08	4	18,36	4	19,64	4	20,92	4	22,20
6	17,10	6	18,38	6	19,66	6	20,94	6	22,22
8	17,13	8	18,41	8	19,69	8	20,97	8	22,25
0,1340	17,15	0,1440	18,43	0,1540	19,71	0,1640	20,99	0,1740	22,27
2	17,18	2	18,46	2	19,74	2	21,02	2	22,30
4	17,20	4	18,48	4	19,76	4	21,04	4	22,32
6	17,23	6	18,51	6	19,79	6	21,07	6	22,35
8	17,25	8	18,53	8	19,81	8	21,09	8	22,37
0,1350	17,28	0,1450	18,56	0,1550	19,84	0,1650	21,12	0,1750	22,40
2	17,31	2	18,59	2	19,87	2	21,15	2	22,43
4	17,33	4	18,61	4	19,89	4	21,17	4	22,45
6	17,36	6	18,64	6	19,92	6	21,20	6	22,48
8	17,38	8	18,66	8	19,94	8	21,22	8	22,50
0,1360	17,41	0,1460	18,69	0,1560	19,97	0,1660	21,25	0,1760	22,53
2	17,43	2	18,71	2	19,99	2	21,27	2	22,55
4	17,46	4	18,74	4	20,02	4	21,30	4	22,58
6	17,49	6	18,77	6	20,05	6	21,33	6	22,61
8	17,51	8	18,79	8	20,07	8	21,35	8	22,63
0,1370	17,54	0,1470	18,82	0,1570	20,10	0,1670	21,38	0,1770	22,66
2	17,56	2	18,84	2	20,12	2	21,40	2	22,68
4	17,59	4	18,87	4	20,15	4	21,43	4	22,71
6	17,61	6	18,89	6	20,17	6	21,45	6	22,73
8	17,64	8	18,92	8	20,20	8	21,48	8	22,76
0,1380	17,66	0,1480	18,94	0,1580	20,22	0,1680	21,50	0,1780	22,78
2	17,69	2	18,97	2	20,25	2	21,53	2	22,81
4	17,72	4	19,00	4	20,28	4	21,56	4	22,84
6	17,74	6	19,02	6	20,30	6	21,58	6	22,86
8	17,77	8	19,05	8	20,33	8	21,61	8	22,89
0,1390	17,79	0,1490	19,07	0,1590	20,35	0,1690	21,63	0,1790	22,91
2	17,82	2	19,10	2	20,38	2	21,66	2	22,94
4	17,84	4	19,12	4	20,40	4	21,68	4	22,96
6	17,87	6	19,15	6	20,43	6	21,71	6	22,99
8	17,89	8	19,17	8	20,45	8	21,73	8	23,01
0,1400	17,92	0,1500	19,20	0,1600	20,48	0,1700	21,76	0,1800	23,04
2	17,95	2	19,23	2	20,51	2	21,79	2	23,07
4	17,97	4	19,25	4	20,53	4	21,81	4	23,09
6	18,00	6	19,28	6	20,56	6	21,84	6	23,12
8	18,02	8	19,30	8	20,58	8	21,86	8	23,14
0,1410	18,05	0,1510	19,33	0,1610	20,61	0,1710	21,89	0,1810	23,17
2	18,07	2	19,35	2	20,63	2	21,91	2	23,19
4	18,10	4	19,38	4	20,66	4	21,94	4	23,22
6	18,13	6	19,41	6	20,69	6	21,97	6	23,25
8	18,15	8	19,43	8	20,71	8	21,99	8	23,27
0,1420	18,18	0,1520	19,46	0,1620	20,74	0,1720	22,02	0,1820	23,30
2	18,20	2	19,48	2	20,76	2	22,04	2	23,32
4	18,23	4	19,51	4	20,79	4	22,07	4	23,35
6	18,25	6	19,53	6	20,81	6	22,09	6	23,37
8	18,28	8	19,56	8	20,84	8	22,12	8	23,40

$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5
0,1830	23,42	0,1930	24,71	0,2030	25,98	0,2130	27,26	0,2230	28,54
2	23,45	2	24,73	2	26,01	2	27,29	2	28,57
4	23,48	4	24,76	4	26,04	4	27,32	4	28,60
6	23,50	6	24,78	6	26,06	6	27,34	6	28,62
8	23,53	8	24,81	8	26,09	8	27,37	8	28,65
0,1840	23,55	0,1940	24,83	0,2040	26,11	0,2140	27,39	0,2240	28,67
2	23,58	2	24,86	2	26,14	2	27,42	2	28,70
4	23,60	4	24,88	4	26,16	4	27,44	4	28,72
6	23,63	6	24,91	6	26,19	6	27,47	6	28,75
8	23,65	8	24,93	8	26,21	8	27,49	8	28,77
0,1850	23,68	0,1950	24,96	0,2050	26,24	0,2150	27,52	0,2250	28,80
2	23,71	2	24,99	2	26,27	2	27,55	2	28,83
4	23,73	4	25,01	4	26,29	4	27,57	4	28,85
6	23,76	6	25,04	6	26,32	6	27,60	6	28,88
8	23,78	8	25,06	8	26,34	8	27,62	8	28,90
0,1860	23,81	0,1960	25,09	0,2060	26,37	0,2160	27,65	0,2260	28,93
2	23,83	2	25,11	2	26,39	2	27,67	2	28,95
4	23,86	4	25,14	4	26,42	4	27,70	4	28,98
6	23,89	6	25,17	6	26,45	6	27,73	6	29,01
8	23,91	8	25,19	8	26,47	8	27,75	8	29,03
0,1870	23,94	0,1970	25,22	0,2070	26,50	0,2170	27,78	0,2270	29,06
2	23,96	2	25,24	2	26,52	2	27,80	2	29,08
4	23,99	4	25,27	4	26,55	4	27,83	4	29,11
6	24,01	6	25,29	6	26,57	6	27,85	6	29,13
8	24,04	8	25,32	8	26,60	8	27,88	8	29,16
0,1880	24,06	0,1980	25,34	0,2080	26,62	0,2180	27,90	0,2280	29,18
2	24,09	2	25,37	2	26,65	2	27,93	2	29,21
4	24,12	4	25,40	4	26,68	4	27,96	4	29,24
6	24,14	6	25,42	6	26,70	6	27,98	6	29,26
8	24,17	8	25,45	8	26,73	8	28,01	8	29,29
0,1890	24,19	0,1990	25,47	0,2090	26,75	0,2190	28,03	0,2290	29,31
2	24,22	2	25,50	2	26,78	2	28,06	2	29,34
4	24,24	4	25,52	4	26,80	4	28,08	4	29,36
6	24,27	6	25,55	6	26,83	6	28,11	6	29,39
8	24,29	8	25,57	8	26,85	8	28,13	8	29,41
1,1900	24,32	0,2000	25,60	0,2100	26,88	0,2200	28,16	0,2300	29,44
2	24,35	2	25,63	2	26,91	2	28,19	2	29,47
4	24,37	4	25,65	4	26,93	4	28,21	4	29,49
6	24,40	6	25,68	6	26,96	6	28,24	6	29,52
8	24,42	8	25,70	8	26,98	8	28,26	8	29,54
0,1910	24,45	0,2010	25,73	0,2110	27,01	0,2210	28,29	0,2310	29,57
2	24,47	2	25,75	2	27,03	2	28,31	2	29,59
4	24,50	4	25,78	4	27,06	4	28,34	4	29,62
6	24,53	6	25,81	6	27,09	6	28,37	6	29,65
8	24,55	8	25,83	8	27,11	8	28,39	8	29,67
0,1920	24,58	0,2020	25,86	0,2120	27,14	0,2220	28,42	0,2320	29,70
2	24,60	2	25,88	2	27,16	2	28,44	2	29,72
4	24,63	4	25,91	4	27,19	4	28,47	4	29,75
6	24,65	6	25,93	6	27,21	6	28,49	6	29,77
8	24,68	8	25,96	8	27,24	8	28,52	8	29,80

$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5
0,2330	29,82	0,2430	31,10	0,2530	32,38	0,2630	33,66	0,2730	34,94
2	29,85	2	31,13	2	32,41	2	33,69	2	34,97
4	29,88	4	31,16	4	32,44	4	33,72	4	35,00
6	29,90	6	31,18	6	32,46	6	33,74	6	35,02
8	29,93	8	31,21	8	32,49	8	33,77	8	35,05
0,2340	29,95	0,2440	31,23	0,2540	32,51	0,2640	33,79	0,2740	35,07
2	29,98	2	31,26	2	32,54	2	33,82	2	35,10
4	30,00	4	31,28	4	32,56	4	33,84	4	35,12
6	30,03	6	31,31	6	32,59	6	33,87	6	35,15
8	30,05	8	31,33	8	32,61	8	33,89	8	35,17
0,2350	30,08	0,2450	31,36	0,2550	32,64	0,2650	33,92	0,2750	35,20
2	30,11	2	31,39	2	32,67	2	33,95	2	35,23
4	30,13	4	31,41	4	32,69	4	33,97	4	35,25
6	30,16	6	31,44	6	32,72	6	34,00	6	35,28
8	30,18	8	31,46	8	32,74	8	34,02	8	35,30
0,2360	30,21	0,2460	31,49	0,2560	32,77	0,2660	34,05	0,2760	35,33
2	30,23	2	31,51	2	32,79	2	34,07	2	35,35
4	30,26	4	31,54	4	32,82	4	34,10	4	35,38
6	30,29	6	31,57	6	32,85	6	34,13	6	35,41
8	30,31	8	31,59	8	32,87	8	34,15	8	35,43
0,2370	30,34	0,2470	31,62	0,2570	32,90	0,2670	34,18	0,2770	35,46
2	30,36	2	31,64	2	32,92	2	34,20	2	35,48
4	30,39	4	31,67	4	32,95	4	34,23	4	35,51
6	30,41	6	31,69	6	32,97	6	34,25	6	35,53
8	30,44	8	31,72	8	33,00	8	34,28	8	35,56
0,2380	30,46	0,2480	31,74	0,2580	33,02	0,2680	34,30	0,2780	35,58
2	30,49	2	31,77	2	33,05	2	34,33	2	35,61
4	30,52	4	31,80	4	33,08	4	34,36	4	35,64
6	30,54	6	31,82	6	33,10	6	34,38	6	35,66
8	30,57	8	31,85	8	33,13	8	34,41	8	35,69
0,2390	30,59	0,2490	31,87	0,2590	33,15	0,2690	34,43	0,2790	35,71
2	30,62	2	31,90	2	33,18	2	34,46	2	35,74
4	30,64	4	31,92	4	33,20	4	34,48	4	35,76
6	30,67	6	31,95	6	33,23	6	34,51	6	35,79
8	30,69	8	31,97	8	33,25	8	34,53	8	35,81
0,2400	30,72	0,2500	32,00	0,2600	33,28	0,2700	34,56	0,2800	35,84
2	30,75	2	32,03	2	33,31	2	34,59	2	35,87
4	30,77	4	32,05	4	33,33	4	34,61	4	35,89
6	30,80	6	32,08	6	33,35	6	34,64	6	35,92
8	30,82	8	32,10	8	33,38	8	34,66	8	35,94
0,2410	30,85	0,2510	32,13	0,2610	33,41	0,2710	34,69	0,2810	35,97
2	30,87	2	32,15	2	33,43	2	34,71	2	35,99
4	30,90	4	32,17	4	33,46	4	34,74	4	36,02
6	30,93	6	32,21	6	33,49	6	34,77	6	36,05
8	30,95	8	32,23	8	33,51	8	34,79	8	36,07
0,2420	30,98	0,2520	32,26	0,2620	33,54	0,2720	34,82	0,2820	36,10
2	31,00	2	32,28	2	33,56	2	34,84	2	36,12
4	31,03	4	32,31	4	33,59	4	34,87	4	36,15
6	31,05	6	32,33	6	33,61	6	34,89	6	36,17
8	31,08	8	32,36	8	33,64	8	34,92	8	36,20

$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5	$Mg_2P_2O_7$	Proc. P_2O_5
0,2830	36,22	0,2910	37,25	0,2990	38,27	0,3070	39,30	0,3150	40,32
2	36,25	2	37,27	2	38,30	2	39,32	2	40,35
4	36,28	4	37,30	4	38,32	4	39,35	4	40,37
6	36,30	6	37,33	6	38,35	6	39,37	6	40,40
8	36,33	8	37,35	8	38,37	8	39,40	8	40,42
0,2840	36,35	0,2920	37,38	0,3000	38,40	0,3080	39,42	0,3160	40,45
2	36,38	2	37,40	2	38,43	2	39,45	2	40,47
4	36,40	4	37,43	4	38,45	4	39,48	4	40,50
6	36,43	6	37,45	6	38,48	6	39,50	6	40,53
8	36,45	8	37,48	8	38,50	8	39,53	8	40,55
0,2850	36,48	0,2930	37,50	0,3010	38,53	0,3090	39,55	0,3170	40,58
2	36,51	2	37,53	2	38,55	2	39,58	2	40,60
4	36,53	4	37,56	4	38,58	4	39,60	4	40,63
6	36,56	6	37,58	6	38,61	6	39,63	6	40,65
8	36,58	8	37,61	8	38,63	8	39,65	8	40,68
0,2860	36,61	0,2940	37,63	0,3020	38,66	0,3100	39,68	0,3180	40,70
2	36,63	2	37,66	2	38,68	2	39,71	2	40,73
4	36,66	4	37,68	4	38,71	4	39,73	4	40,76
6	36,69	6	37,71	6	38,73	6	39,76	6	40,78
8	36,71	8	37,73	8	38,76	8	39,78	8	40,81
0,2870	36,74	0,2950	37,76	0,3030	38,78	0,3110	39,81	0,3190	40,83
2	36,76	2	37,79	2	38,81	2	39,83	2	40,86
4	36,79	4	37,81	4	38,84	4	39,86	4	40,88
6	36,81	6	37,84	6	38,86	6	39,89	6	40,91
8	36,84	8	37,86	8	38,89	8	39,91	8	40,93
0,2880	36,86	0,2960	37,89	0,3040	38,91	0,3120	39,94	0,3200	40,95
2	36,89	2	37,91	2	38,94	2	39,96	0,3210	41,07
4	36,92	4	37,94	4	38,96	4	39,99	0,3220	41,20
6	36,94	6	37,97	6	38,99	6	40,01	0,3230	41,33
8	36,97	8	37,99	8	39,01	8	40,04	0,3240	41,46
0,2890	36,99	0,2970	38,02	0,3050	39,04	0,3130	40,06	0,3250	41,58
2	37,02	2	38,04	2	39,07	2	40,09	0,3260	41,71
4	37,04	4	38,07	4	39,09	4	40,12	0,3270	41,84
6	37,07	6	38,09	6	39,12	6	40,14	0,3280	41,97
8	37,09	8	38,12	8	39,14	8	40,17	0,3290	42,10
0,2900	37,12	0,2980	38,14	0,3060	39,17	0,3140	40,19	0,3300	42,22
2	37,15	2	38,17	2	39,19	2	40,22		
4	37,17	4	38,20	4	39,22	4	40,24		
6	37,20	6	38,22	6	39,25	6	40,27		
8	37,22	8	38,25	8	39,27	8	40,29		

Fr. Scheiding hat im Verlage der Chemiker-Zeitung, Cöthen, eine Tabelle in Carton für Laboratoriumsgebrauch erscheinen lassen.

Factoren zur Berechnung der gesuchten Substanz aus der gefundenen.

Gefunden		Gesucht		Factor
Schwefelsäure	SO_3	Ammoniak	$2\,NH_3$	0,425
Stickstoff	N	„	NH_3	1,214
Kohlensäure	CO_2	Kohlensaurer Kalk .	$CaCO_3$	2,273
Kohlensaurer Kalk . .	$CaCO_3$	Kalk	CaO	0,560
Schwefelsaurer Kalk . .	$CaSO_4$	„	„	0,411
Kaliumplatinchlorid . .	K_2PtCl_6	Kali	K_2O	0,193
„ . .	„	Schwefelsaures Kali .	K_2SO_4	0,356
Ammoniak	$2\,NH_3$	Salpetersäure	N_2O_5	3,176
„	„	Salpetersaur. Natron	$2\,NaNO_3$	5,000
Stickstoff	2 N	„ „	„	6,071
„	„	Salpetersäure	N_2O_5	3,857
Schwefelsaurer Baryt .	$BaSO_4$	Schwefelsäure . . .	SO_3	0,343
„ „ . .	„	„ . . .	H_2SO_4	0,420
Ammoniak	NH_3	Stickstoff	N	0,823
Schwefelsäure	SO_3	„	2 N	0,350
Phosphorsäure	P_2O_5	Phosphorsaurer Kalk	$Ca_3(PO_4)_2$	2,183
Pyrophosphors. Magnesia	$Mg_2P_2O_7$	„ „ .	„	1,396
„ „	„	Phosphorsäure . . .	P_2O_5	0,640
„ „	„	Magnesia	MgO	0,360
„ „	„	KohlensaureMagnesia	$MgCO_3$	0,757
Phosphorsaur. Kalk . .	$Ca_3(PO_4)_2$	Phosphorsäure . . .	P_2O_5	0,458
„ Eisen . .	$2\,FePO_4$	„ . . .	„	0,470
„ Thonerde	$2\,AlPO_4$	„ . . .	„	0,579
„ „	„	Thonerde	Al_2O_3	0,420
„ Eisen . .	$2\,FePO_4$	Eisenoxyd	Fe_2O_3	0,530

Specifische Gewichte:			Specifische Gewichte:		
Apatite	3,1	bis 3,2	Kalk, gebrannt	2,3	bis 3,2
Phosphorite	2,6	„ 3,0	Kalkmörtel	1,6	„ 1,9
Knochen	1,65	„ 1,7	Kalkstein	2,5	„ 2,8
Thomasschlacke	3,0	„ 3,5	Sand, fein, trocken . . .	1,4	„ 1,65
Salpeter		1,95	Thon, trocken		1,8
Stalldünger	0,7	bis 0,9	„ frisch		2,5
Erde, mager, trocken . .		1,3	Cement	2,7	bis 3,0
„ trocken		1,9	Bausteine		2,5
„ lehmig, frisch . .		2,1	Ziegelsteine	1,4	bis 2,2
Gyps, präcipitirt		2,3	Klinker	1,5	„ 2,3
„ gebrannt	1,8	bis 2,0	Torf		0,5

Specifische Gewichte:		Volumgewichte: (1000 kg × Vol.-Gew. = Gewicht eines cbm)	
Kreide	1,8 bis 2,7	Gemahl. Sommephosphat	1,240
Kautschuk	0,9	Feines, trockenes Sommesuperphosphat	1,000
Kiefern- und Tannenholz	0,55	Guano	0,925 bis 1,000
Fichtenholz	0,5	Chilisalpeter	1,000
Eichenholz	0,6 bis 0,85	Kainit	1,1 bis 1,3
Buchenholz	0,75	Thomasphosphatmehl	1,9 „ 2,0
Steinkohle	1,1 bis 1,3	Sand, feucht	1,9 „ 2,0
Braunkohle	1,2 „ 1,5	Kalkmörtel	1,7 „ 1,8
Koks	1,4	Torf	0,5 „ 0,6
		Steinkohle	0,75 „ 0,9

Gewichte vom gewalzten Weichblei.

(Specifisches Gewicht = 11,36.)

Dicke mm	qm-Gewicht kg	Breite und Länge der Tafeln m	Dicke mm	qm-Gewicht kg	Breite und Länge der Tafeln m
1,0	11,3	2 + 8	5,0	56,8	3 + 10
1,25	14,2	2 + 8	5,5	62,5	3 + 10
1,5	17,0	2 + 8	6,0	68,2	3 + 10
1,75	19,9	2 + 8	6,5	73,9	3 + 10
2,0	22,7	2,5 + 10	7,0	79,5	3 + 10
2,25	26,5	2,5 + 10	7,5	85,2	3 + 7
2,5	28,4	2,5 + 10	8,0	90,9	3 + 7
2,75	31,2	3 + 10	8,5	96,6	3 + 7
3,0	34,1	3 + 10	9,0	102,3	3 + 7
3,5	39,8	3 + 10	10,0	113,6	3 + 6
4,0	45,5	3 + 10	11,0	125,0	3 + 6
4,5	51,1	3 + 10	12,0	136,4	3 + 6

Tabelle für Bleiröhren.

Lichte Weite mm	Wandstärke mm	Metergew. kg	Grösste Länge m	Drucksicherheit *) in At.	
				Weichblei	Hartblei
20	2	1,6	45	5	10
20	3	2,4	30	7	14
20	4	3,4	21	10	20
20	5	4,5	16	12	25
25	2	1,9	37,5	4	8
25	3	3	23,5	6	12
25	4	4	17,5	8	16
25	5	5,4	13	10	20
25	6	6,6	10,5	12	24
26	3	3,1	23	5,5	11
26	4	4,3	16,5	7	15
26	5	5,6	12,5	9	18
26	6	6,9	10	11	23
27	3	3,2	22	5	10
27	4	4,4	16	7	14
27	5	5,7	12	9	18
27	6	7,1	10	11	22
30	3	3,6	19,5	5	10
30	4	4,9	14,5	6,5	13
30	5	6,3	11	8	16
30	6	7,7	10	10	20
30	8	10,8	8	13	26
32	4	5,1	13,5	6	12
32	5	6,6	11	8	16
32	6	8,1	8,5	9	18
32	8	11,4	8	12,5	25
35	3	4,1	16,5	4	8,5
35	4	5,6	12	5,5	11
35	5	7,2	9,5	7	14
35	6	8,8	10,5	8,5	17
35	7	10,5	9	10	20
35	8	12,3	8,5	11,25	22,5
38	4	6	11,5	5	10
38	5	7,7	8,5	6,5	13
38	6	9,2	10	8	16
40	4	6,3	10,5	5	10
40	5	8	8,5	6	12
40	6	9,8	9,5	7,5	15
42	4	6,6	10	4,5	9

*) $\frac{1}{5}$ der wirklichen, nach Jung und Lindig, Freiberg i. S.

Lichte Weite mm	Wandstärke mm	Metergew. kg	Grösste Länge m	Drucksicherheit in At.	
				Weichblei	Hartblei
42	5	8,4	7,5	6	12
42	6	10,3	9	7	14
45	4	7	10,5	4,25	8,5
45	5	8,9	7,5	5,5	11
45	7	13	6	7,75	15,5
48	4	7,4	8,5	4	8
48	5	9,4	9,5	5	10
48	6	11,5	7,5	6	12
48	7	13,7	6	7	14
50	5	9,8	9	5	10
50	6	12	7	6	12
50	7	14,2	6	7	14
50	8	16	7,5	8	16
50	10	19,6	7	10	20
55	5	10,7	9	4,5	9
60	5	11,6	7,5	4	8
60	7,5	18	6	6	12
65	5	12,5	6	3,5	7
65	6	15,2	5	4,5	9
65	7	17,4	6,5	5	10
65	8	20,8	6,7	6	12
65	9	23,4	5	6,5	13
70	5	13,4	5,2	3,5	7
70	7,5	20,7	5,2	5	10
70	9	25,3	4,2	6	12
75	5	14,2	5	3	6
75	7,5	22	4,8	5	10
80	5	15,1	5,2	3	6
80	7	21,6	4,7	4	8
80	8	25,2	4	5	10
90	5	17	3,5	2,75	5,5
90	6	20,5	4,5	3,25	6,5
90	9	32	4,6	5	10
90	10	36,7	4,3	5,5	11
95	8	28,8	4,6	4	8
100	7,5	29	4,3	3,7	7,5
110	5	20,6	3,6	2	4
120	5	23,2	4,4	2	4
120	10	46,4	2	4	8
130	5	29,1	3,4	2,3	4,6
140	5	32,3	3,1	1,5	3
150	5	27,7	3,8	1,6	3,2
160	5	30,7	4,2	1,5	3
180	5	33,8	2,9	1,4	2,8
200	5	35,9	1,6	1,2	2,4

Gewichtstabelle für Stahlkugeln für Kugelmühlen.

Durchmesser mm	Gewicht kg	Durchmesser mm	Gewicht kg
100	3,8	125	7,4
105	4,4	130	8,4
110	5,0	140	10,5
115	5,8	150	12,9
120	6,6		

Körting's Injectoren:

Lieferquant. pro Stunde Liter	Kleinster Durchmesser des Dampfrohres mm	Durchmesser des Steig- und Saugrohres mm	Preis des Hartblei-elevators Mk.	Preis des Saug-siebes Mk.	Preis des Dampf-ventils Mk.
1000	15	20	25	15	7,50
2000	20	25	35	22	9
3000	25	30	45	22	11,50
4000	25	30	45	22	11,50
6000	30	40	55	25	14
8000	40	50	65	30	18
10000	40	50	80	30	18
12000	40	50	80	30	18
15000	50	60	100	35	25
30000	60	80	120	40	32
60000	80	120	180	45	49

Mit Porcellanrohr:

Lieferquant. pro Stunde Liter	Durchmesser des Dampfrohres mm	Durchmesser der Saug- und Druck-leitung mm	Preis des Elevators Mk.	Preis des Dampfventils Mk.
1200	20	25	70	9
2700	25	30	85	11,50
4500	30	40	100	14
7500	40	50	115	18
10000	40	50	130	18

Haussmann's Membranpumpe.

Maximal-Leistung bei 5 m Höhe pro Minute	Lichter Durchmesser		Preis incl. Dampfventil	
	des Saug- u. Wasserdruck-rohres	des Dampf-rohres	in Hartgummi	in Hartblei
Liter	mm	mm	Mk.	Mk.
50	40	10	500	275
80	50	15	700	400
140	70	20	900	550
230	80	25	1200	750
350	100	30	1600	1000
500	125	40	2500	1600

Tabelle für Hessians-Säcke.

1 Pfund engl. = 16 ounzes = 453,598 g,
1 Meter = 39,37079 Zoll engl.,
1 Quadratmeter = 1550,0599 Quadratzoll engl.

Qualitäts-Nummer	Ein Stück Waare von 36 : 40 Zoll engl. wiegt ounzes	Ein Quadrat-meter wiegt g	Qualitäts-Nummer	Ein Stück Waare von 36 : 40 Zoll engl. wiegt ounzes	Ein Quadrat-meter wiegt g
1	6	183	60	11	335
2	6½	198	65	11½	351
3	7	213	70	12	366
4	7½	229	75	12½	381
5	8	244	80	13	396
10	8½	259	85	13½	412
20	9	274	90	14	427
30	9½	290	95	14½	443
40	10	305	100	15	458
50	10½	320			

Kitte*).

Rostkitt, schnell bindend:

1 Thl. Salmiak
2 Thle. Schwefelblumen } mit Wasser zum Teig anrühren.
80 „ Eisenspäne

*) Die betreffenden Angaben sind aus dem Kalender für Dampfbetrieb von R. Mittag entnommen.

Eisenkitt, haltbar in Glühhitze:

4	Thle.	Eisenfeile	mit Kochsalzlösung zum Teig anrühren.
2	„	Thonmehl	
1	Thl.	Chamottemehl	

Wasserdichter Kitt:

24	Thle.	Cement	mit 3 Thln. Leinöl, in dem $1^1/_2$ Thle. Kolophonium gelöst sind, anrühren.
2	„	Bleiglätte	
8	„	Bleiweiss	
1	Thl.	Kolophonium	

Theerkitt, widerständig gegen saure Gase:

Feines Thonmehl wird unter Umrühren in warmen Theer eingetragen, bis das Gemenge steif wird.

Schwefelkitt, widerständig gegen Säure und saure Gase, sich zur Verbindung von Thonrohren eignend:

Feine Steinkohlenasche wird in geschmolzenen Schwefel eingetragen und gut durchgerührt.

Glycerinkitt, sich zu Verpackungen von Säureleitungen eignend:

Gepulverte Bleigätte wird mit Glycerin bis zur Teigconsistenz angerührt; die Masse, welche nach und nach steinhart wird, muss aber so flüssig bleiben, dass sie aufgetragen werden kann.

Schmiere.

Für Transmissionsriemen:

1 Thl. Kolophonium mit 2 Thln. Rindstalg schmelzen.

Für Kämme für Holz auf Eisen:

250 g Wachs, 500 g Talg, 50 g Wasserblei, 50 g grüne Seife werden siedendheiss mit einander gemischt und mittelst Bürste auf die Kämme geschmiert.

Schema einer Fabrikordnung*).

§. 1.

Jeder Arbeiter, der unter Vorlegung seiner Arbeitszeugnisse, Quittungskarte u. s. w. in der Fabrik Anstellung erhält, bestätigt durch Namensunterschrift, dass er diese Fabrikordnung gelesen und sich deren Bestimmungen unterwirft.

*) 1882 im Verein mit W. Heiler, Vienenburg, zusammengestellt und später nach besten Vorlagen und Erfahrungen vervollständigt; siehe auch Rob. Platz, Rathgeber für den Entwurf von Fabrikordnungen, Berlin 1892.

§. 2.

Die Annahme und Entlassung der Arbeiter erfolgt durch den Arbeitgeber oder dessen dazu beauftragten Beamten bezw. Werkmeister. Behufs Lösung des Arbeitsverhältnisses gilt für Arbeitgeber und Arbeiter eine 14tägige Kündigungsfrist. Bleibt der Arbeiter ohne Kündigung fort, so verfallen von dem rückständigen Lohnbetrage zwei Schichten der Krankencasse und wird ausserdem in dem Entlassungsscheine der Vermerk aufgenommen: „Ging ohne Kündigung aus der Arbeit.“

§. 3.

Jeder Arbeiter ist verpflichtet, der Fabrikkrankencasse*) beizutreten.

§. 4.

Seine sofortige Entlassung hat jeder Arbeiter ausser bei den gesetzlich vorgesehenen Fällen zu gewärtigen:

a) Wer bei Entwendung oder dem Arbeitgeber oder dessen Arbeitern gehörigen Eigenthumsgegenständen irgend welcher Art betroffen wird oder derselben dringend verdächtig ist.
b) Wer gegen den Fabrikherrn oder dessen Beamte und Aufseher ungehorsam ist oder sich ungebührlich beträgt.
c) Wer betrunken zur Arbeit kommt oder während derselben sich betrinkt.
d) Wer mit Feuer, Licht oder Lampen unvorsichtig umgeht oder die zur Verhütung von Feuersgefahr getroffenen Bestimmungen unbeachtet lässt.
e) Wer Fabrikate oder Betriebsmaterialien oder die ihm anvertrauten Maschinen oder Geräthe muthwillig beschädigt oder zerstört. Solche verursachte Schäden hat der Betreffende zu bezahlen.
f) Wer die zum Schutze für Leben und Gesundheit der Arbeiter in nachfolgenden Betriebsvorschriften missachtet oder solche trotz wiederholter Ermahnung nicht befolgt.
g) Wer nicht rechtzeitig zur Arbeit erscheint oder die Arbeit vorzeitig verlässt.

Der Fabrikherr behält sich vor, an Stelle der Entlassung Verwarnung, zeitweilige Ausschliessung von der Fabrik oder Ordnungsstrafen eintreten zu lassen. Die Geldstrafen sollen nicht die Hälfte des durchschnittlichen Tagesarbeitsverdienstes übersteigen.

---

*) Eine solche ist zu errichten, wenn 50 Arbeiter eingestellt sind; §. 60 des Krankenversicherungsgesetzes vom 10. April 1892.

§. 5.

Die Tagesschicht beginnt Morgens 6 Uhr und endet 6 Uhr Abends; die Nachtschicht dauert von Abends 6 Uhr bis 6 Uhr Morgens, während welcher Zeiten eine Mittagsstunde und je eine halbe Frühstücks- und Vesperstunde gewährt werden. Beginn und Schluss der Schichten werden durch Signale angezeigt.

§. 6.

Jeder Arbeiter erhält eine numerirte Controlmarke, die er bei Beginn der Arbeit an den Portier abzugeben und beim Verlassen derselben wieder abzuholen hat. Beim Zuspätkommen ist die Marke dem Aufseher zu übergeben, der die Zeit notirt. Das Vergessen der Controlmarke wird jedesmal mit 10 Pfg. Lohnabzug bestraft.

§. 7.

Jeder Arbeiter verpflichtet sich sowohl zur Tagarbeit als auch zur Nachtarbeit, sowie zur Arbeit an Sonntagen, wenn solches der Betrieb erfordert. Etwaige Ueberstunden werden im Verhältniss zum Lohne bezahlt. Kein Arbeiter hat Anspruch auf eine bestimmte Arbeit.

§. 8.

Heizer und Maschinenführer müssen während der Ruhepausen in der Nähe der ihnen anvertrauten Kessel und der Dampfmaschine verbleiben und diese unter Aufsicht behalten.

§. 9.

Die bei der Tages- oder Nachtschicht sich ablösenden Arbeiter haben die benutzten Apparate oder Geräthe in ordnungsmässigem Zustande abzuliefern bezw. zu übernehmen. Ist irgend etwas daran nicht in Ordnung, so haben die ablösenden Arbeiter dem Werkmeister sofort Meldung davon zu machen.

§. 10.

Sofern die im Gebrauch befindlichen Schaufeln, Hacken, Besen u. s. w. beim Schichtwechsel von der ablösenden Mannschaft nicht übernommen werden, müssen diese Geräthe nach Schluss der Arbeit an einen von dem Aufseher bestimmten Platz niedergelegt oder abgegeben werden.

§. 11.

Jeder Arbeiter ist verpflichtet, die ihm angewiesenen Arbeiten und Geschäfte mit Fleiss, Eifer und Sorgfalt nach besten Kräften und mit Gewissenhaftigkeit zu verrichten; er hat sich nur in den Räumen aufzuhalten, in denen er beschäftigt ist.

§. 12.

Ungebührliches Lärmen und Schreien, sowie Rauchen in der Fabrik und auf dem Fabrikterrain ist streng verboten, ebenfalls die Verunreinigung der Fabriklocale oder des Fabrikhofes.

§. 13.

Mit Ausnahme derjenigen, welche das Essen bringen, dürfen von den Arbeitern weder Familienangehörige noch andere Personen in die Fabrik eingeführt werden. Die Nachtarbeiter haben sich die erforderlichen Lebensmittel selbst mitzubringen.

§. 14.

Acht Tage nach seinem Eintritt wird dem Neuangenommenen der Lohnsatz bestimmt. Die Accordlöhne werden durch schriftlichen Arbeitsvertrag geregelt. Die Auszahlung des Lohnes erfolgt jeden Sonnabend, bei Entlassungen und Abgängen von Arbeiten bei der Abmeldung. Solche Arbeiter, die ohne Kündigung ihre Arbeit verlassen, erhalten am nächsten Lohntage ihren Lohn. Der Lohn wird immer nur bis zum vorhergehenden Donnerstag Abend bezahlt. Etwaige Einwendungen gegen die Richtigkeit des ausgezahlten Lohnbetrages werden nur dann berücksichtigt, wenn sie spätestens am folgenden Montage erhoben werden.

§. 15.

Bei der Lohnzahlung werden in Abzug gebracht:

1. Die Beiträge zur Invaliditäts- und Altersversorgung.
2. Die Beiträge zur Krankencasse.
3. Die Vorschüsse.
4. Die Strafgelder.
5. Die Schadenersatzgelder.

§. 16.

Jeder Arbeiter verpflichtet sich, das allgemeine Beste der Fabrik zu fördern; er muss daher nicht nur Alles vermeiden, was derselben Schaden oder Nachtheil bringen kann, sondern er muss auch seine Kameraden von dergleichen Handlungen zurückhalten, vorkommenden Falles aber solche zur Anzeige bringen.

Betriebsvorschriften

zur Sicherung für Leben und Gesundheit der Arbeiter, sowie zur Verhütung von Unglücksfällen; sie sind von allen Arbeitern in ihrem eignen wie im Interesse ihrer Mitarbeiter streng zu befolgen.

Jeder Arbeiter, der durch Nichtbeachtung dieser Betriebsvorschriften, also durch eigenes Verschulden einen Unfall erleidet, verliert jeden Anspruch auf Entschädigung von Seiten des Arbeitgebers; ebenso wenig haftet der Arbeitgeber in solchen Fällen, wo der Schäden durch Schuld eines Mitarbeiters herbeigeführt ist.

Jedem Arbeiter ist es untersagt, eine andere Arbeit als die ihm von seinen Vorgesetzten zugewiesene zu verrichten; ohne ausdrückliche Anweisung des Vorgesetzten darf kein Arbeiter einen anderen in seiner Arbeit vertreten oder sich von einem Anderen vertreten lassen.

Jeder Arbeiter hat vor Benutzung einer Maschine und ehe er sie überhaupt in Thätigkeit setzt, sich von dem ordnungsmässigen Zustande derselben zu überzeugen. Ebenso hat er etwaige Hülfsapparate, Geräthe oder Werkzeuge vor Ingebrauchnahme auf ihren gebrauchsfähigen Zustand zu prüfen und darauf zu achten, dass alle Schutzvorrichtungen ordnungsmässig vorhanden sind. Etwaige Mängel sind entweder sofort zu beseitigen oder, wenn dies nicht thunlich, dem Werkmeister zu melden. Niemals darf aber mit mangelhaften Maschinen, Apparaten, Werkzeugen etc. eine Arbeit unternommen werden.

Die Ingangsetzung der Dampfmaschine und der Haupttransmission wird von dem Maschinenwärter durch ein Signal angezeigt und muss dann jede Beschäftigung an den Transmissionen sofort eingestellt werden. Auch das Abstellen der Dampfmaschine wird durch Signal bekannt gemacht und muss dann jede einzelne Maschine sofort ausgerückt werden. Die Bewegung eines Schwungrades darf niemals mit freier Hand geschehen, wenn der Dampf angelassen ist; beim Andrehen des Schwungrades haben die Arbeiter ihren Standort ausserhalb der Umgitterung zu nehmen.

Ausser den Maschinen- und Kesselwärtern ist allen übrigen Arbeitern der Aufenthalt im Kessel- und Maschinenhause streng untersagt.

Jeder Arbeiter ist verpflichtet, Unbefugte von seiner Maschine fern zu halten und hat sich vor Einrücken der Maschine zu überzeugen, dass nicht eine andere Person in der Nähe ist, welche bei der Ingangsetzung der Maschine mit derselben in gefährliche Berührung kommen kann.

Jedes Anlehnen an Maschinen, Kessel, Apparate etc., ebenso das Stehen oder Sitzen auf solchen, ist verboten.

Es ist strengstens untersagt, sich unbefugter Weise mit Gegenständen der Dampfmaschine, Transmissionen, Dampf- und Säureleitungen oder mit Ventilen oder Hähnen zu befassen.

Das Steigen über frei sich drehende Wellen, Riemen oder Getriebe ist verboten, ebenso jedes Darunterwegkriechen; überhaupt ist jede Berührung mit laufenden Riemen und Wellen sorgfältigst zu vermeiden.

Die durch Einfriedigung abgesonderten Räume, in denen Maschinen, Schwungräder, Transmissionen oder Getriebe laufen, dürfen unter keinen Umständen während des Ganges der Dampfmaschine betreten werden.

Leitern, die zwecks Reinigen, Schmieren u. s. w. gebraucht werden, müssen mit Eisenspitzen oder Lederschuhen versehen sein.

Maschinen, Maschinentheile, Transmissionen etc. dürfen, während die Maschinen in Thätigkeit sind, weder gereinigt, noch geputzt, noch geschmiert werden. Selbstöler dürfen nur während des Stillstandes abgenommen oder aufgesetzt werden.

Das Auf- und Abnehmen der Riemen darf nur während des Stillstandes der Maschinen und nur durch mit dieser Arbeit vertraute Arbeiter geschehen.

Abgeworfene oder abgefallene Riemen, welche nicht sofort wieder aufgelegt werden können, müssen von der Transmission entfernt und in sicherer Weise aufgehängt, oder wenn dies nicht angeht, so sicher angebracht werden, dass Niemand hineintreten oder hineingreifen kann.

Das Ausbessern oder Zusammennähen von Riemen darf während des Ganges der Dampfmaschine erst dann vorgenommen werden, wenn der Riemen durch Aufhängen in sicherer Weise von der rotirenden Welle entfernt worden ist.

Arbeiten zur Beseitigung von Unregelmässigkeiten und Störungen an Maschinen und ganz besonders an Walzwerken dürfen erst dann vorgenommen werden, wenn die Verbindung mit der Betriebsmaschine aufgehoben oder letztere still gestellt ist. Hierbei wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass das Leiten des Antriebsriemens auf eine Losscheibe nicht immer die erforderliche Sicherheit gewährt.

Wer bei Verrichtung seiner Arbeit gezwungen ist, Klappen im Boden, Fallthüren, Barrièren etc. zu öffnen oder die Verkleidung über Rädern, Riemen und Wellen zu entfernen, hat darauf zu achten, dass die Vorübergehenden darauf aufmerksam gemacht werden und dass nach beseitigter Veranlassung die Sicherung wieder hergestellt wird.

Sämmtliche für den Betrieb erforderlichen Hebevorrichtungen, wie Aufzüge und namentlich deren Ketten, Seile, Gurten etc. sind von dem Arbeiter, welcher dieselben zu bedienen hat, von Zeit zu Zeit sorgfältig nachzusehen und etwa bemerkte Abnutzung oder Beschädigung sofort zur Anzeige zu bringen.

Beim Heben, Aufziehen oder Herunterlassen von Lasten müssen die Betheiligten einen möglichst seitlichen Standort einnehmen und dürfen sich unter keinen Umständen unter den zu bewegenden Gegenstand begeben.

Jeder Arbeiter ist verpflichtet, die vorhandenen Schutzvorrichtungen zu benutzen und ist es untersagt, dieselben von Maschinen, Transmissionen etc. zu entfernen. Schutzvorrichtungen, die zum Zweck der Reinigung fortgenommen sind, müssen nach beendigter Reinigung sofort wieder angebracht werden.

Bei allen Arbeiten, die ein Absplittern des Materials oder Werkzeugs befürchten lassen, haben sich die Arbeiter zum Schutze der Augen der vorhandenen Schutzbrillen zu bedienen.

Das Einsteigen in Brunnen, Gruben, Apparate, Reservoire und Gefässe aller Art ist nur dann gestattet, wenn zuvor eine Prüfung der darin enthaltenen Luft vorgenommen ist.

Gefässe, welche mit Erzeugern oder Aufbewahrungsbehältern heisser Dämpfe, schädlicher Luftarten, Säuren etc. in Verbindung stehen, dürfen nur bestiegen werden, wenn zuvor ein absolut sicherer Verschluss der Zuleitungsrohre herbeigeführt ist. Alle Arbeiten, die mit Entwickelung von gesundheitsgefährlichen Gasen oder Staub verknüpft sind, dürfen erst dann vorgenommen werden, wenn Mund und Nase der Arbeiter durch Respiratoren geschützt sind.

Das Losbrechen grosser Haufen loser Düngemittel darf nie von unten unterminirend geschehen, sondern es soll die Waare stets gleichmässig von oben nach unten abgelöst werden.

Das Fortnehmen von gefüllten Säcken von unten aus hochgestapelten Reihen ist strengstens untersagt. Ist ein Herabfallen von Säcken von Stapeln gesackter Waare zu befürchten, so ist der Werkmeister sofort zur Stelle zu rufen.

Beim Rangiren von Eisenbahnwaggons hat stets der dazu bestimmte Vorarbeiter zugegen zu sein. Beim Schieben darf sich Niemand innerhalb des Geleises befinden und darf nie an den Vorder- oder Hinterseiten der Waggons, insbesondere nicht an den Puffern geschoben werden.

Das Umstellen von Weichen auf dem Bahnkörper ohne Auftrag der Bahnbeamten oder auf dem Fabrikgeleise ohne besonderen Auftrag ist streng verboten.

Jeder Arbeiter erhält ein Exemplar dieser Fabrikordnung; ausserdem werden an entsprechenden Stellen „Aushänge“ *) angebracht, die fortwährend zur Beachtung der Vorschriften auffordern.

Schema von Arbeitsverträgen (siehe S. 94).

Arbeitsvertrag

mit dem Arbeiter .....

Entlader. Für das Entladen der ankommenden Rohmaterialien wird für einen Waggon mit 10 000 kg Inhalt ..... Mk. bezahlt. Die Vertheilung des verdienten Lohnes findet nach der mit der betreffenden Arbeit beschäftigten Anzahl Leute und der von Jedem verfahrenen Stundenzahl statt. Unverschuldete Störungen u. s. w. werden durch Taglohnarbeit mit ... . Mk. vergütet.

---

*) Angefertigt von E. R. Weise, Berlin W, Mohrenstr. 57.

Brecher. Die am Steinbrecher beschäftigten Leute haben das für die Mühlen nöthige Material zu liefern; es wird hierfür der in der Mühle verdiente Lohn bezahlt. Kommen durch Unaufmerksamkeit der Arbeiter Störungen am Steinbrecher vor, so wird keine Vergütung der Zeitversäumniss geleistet. Reicht das Material nicht, so wird nachgebrochen; im Weigerungsfalle wird die Arbeit auf Kosten der Brecher von anderen Arbeitern ausgeführt. Unverschuldete Störungen werden wie oben vergütet.

Müller. Die Leute an den Mühlen erhalten jeder für 100 kg feines Mehl, wie es die Siebe liefern, ... Pfg. Das Füllen der Säcke mit zusammengekehrtem Material ist unstatthaft. Störungen die der Betrieb mit sich bringt, wie Riemenaufziehen oder dergleichen werden nicht vergütet; bei grösseren Störungen, die ohne Schuld der Arbeiter vorkommen, werden die ausfallenden Stunden mit ..... Mk. vergütet.

Aufschliesser. Die Aufschliesser erhalten für 100 kg Mischung ..... Pfg. Vergütung bei Störungen, wie oben im Tagelohn mit ..... Mk.

Abfahrer. Das Abfahren des Superphosphats aus dem Keller zur Lagerstelle wird für 100 kg mit ..... Pfg. berechnet.

Sieber. Die Leute an den Desintegratoren erhalten für 100 kg gesiebte Waare .... Pfg., für gleichzeitiges Sacken ..... Pfg.

Sacker. Wird vom Haufen gesackt, so werden hierfür einschliesslich Wiegen, Nähen oder Binden für 100 kg Superphosphat Pfg. bezahlt.

Verlader. 100 kg verladene Waare werden mit ..... Pfg. vergütet.

Ort und Datum:

Der Arbeitgeber. Der Arbeiter.

Verzeichniss

der landwirthschaftlichen Versuchsstationen im Deutschen Reiche für Düngeruntersuchungen:

Preussen.

Provinz Ostpreussen:

Landwirthschaftl. Versuchsstation Insterburg, Vorsteher: Dr. W. Hoffmeister.
„ „ Königsberg, „ „ G. Klien.

Provinz Westpreussen:

Landwirthschaftl. Versuchsstation Danzig, „ „ E. Güntz.

Provinz Pommern:

Landwirthschaftl. Versuchsstation Eldena, „ A. v. Homeyer.

Provinz Brandenburg:				
Landwirthschaftl. Versuchsstation		Dahme,	Vorsteher:	Dr. R. Ulbricht.
Provinz Posen:				
Landwirthschaftl. Versuchsstation		Posen,	„ „	M. Gerlach.
Provinz Schlesien:				
Landwirthschaftl. Versuchsstation		Breslau,	„ „	F. Holdefleiss.
Provinz Sachsen:				
Landwirthschaftl. Versuchsstation		Halle,	„ „	M. Maercker.
Provinz Schleswig-Holstein:				
Landwirthschaftl. Versuchsstation		Kiel,	„ „	A. Emmerling.
Provinz Hannover:				
Landwirthschaftl. Versuchsstation		Göttingen,	„ „	F. Lehmann und Dr., G. Kalb.
„	„	Hildesheim,	„ „	K. Müller.
„	„	Ebstorf	„ „	F. Bente.
Provinz Westfalen:				
Landwirthschaftl. Versuchsstation		Münster,	„ „	J. König.
Provinz Hessen-Nassau:				
Landwirthschaftl. Versuchsstation		Marburg,	„ „	Th. Dietrich.
„	„	Wiesbaden,	„ „	H. Fresenius.
Rheinprovinz:				
Landwirthschaftl. Versuchsstation		Bonn,	„ „	A. Stutzer.
Bayern.				
Central-Versuchsstation		München,	Vorsteher:	Dr. F. Soxhlet.
Landwirthschaftl. Versuchsstation		Augsburg,	„ „	B. Dietzell.
„	„	Würzburg,	„ „	Th. Omeis.
„	„	Triesdorf,	„ „	Th. Schreiner.
Kreis-	„	Speyer,	„ „	A. Halenke,
Sachsen.				
Landwirthschaftl.	„	Möckern,	„ „	Kellner.
„	„	Pommritz,	„ „	G. Loges.
Württemberg.				
„	„	Hohenheim,	„ „	E. v. Wolff.
Baden.				
„	„	Karlsruhe,	„ „	J. Nessler.
Hessen.				
„	„	Darmstadt,	„ „	P. Wagner.
Oldenburg mit Bremen.				
„	„	Oldenburg,	„ „	P. Petersen.
Moor-	„	Bremen,	„ „	Br. Tacke.
Braunschweig.				
Landwirthschaftl.	„	Braunschweig,	„ „	H. Schultze.

Mecklenburg.

Landwirthschaftl. Versuchsstation Rostock, Vorsteher: Dr. R. Heinrich.

Sachsen-Weimar.

„ „ Jena, „ „ v. d. Goltz.

Anhalt.

„ „ Coethen, „ „ F. Heidepriem
„ „ Bernburg, „ „ H. Hellriegel.

Elsass-Lothringen.

„ „ Rufach, „ „ M. Barth.

Handelschemiker*)

in Hamburg: Dr. H. Gilbert, Dr. B. C. Niederstadt, Dr. H. Ulex, Dr. G. Weiss, Dr. O. Pieper;
in Magdeburg: Dr. Hugo Schultz.

---

*) Die sich hauptsächlich mit Phosphatanalysen und Untersuchung von Stickstoffmaterialien beschäftigen.

Literatur.

A. Der Superphosphatfabrikation.

[1]) Handwörterbuch der Chemie, herausgegeben von Ladenburg. Artikel Dünger von A. Emmerling. Breslau 1885.

[2]) Muspratt's Encyklopäd. Handbuch der technischen Chemie von F. Stohmann und Br. Kerl. 4. Aufl., Bd. II. Artikel Dünger und Düngstoffe von Stohmann. Braunschweig 1889. Friedr. Vieweg u. Sohn.

[3]) L. Meyn, Die natürlichen Phosphate u. s. w. Leipzig u. Halle 1873.

[4]) P. Wagner, Lehrbuch der Düngerfabrikation. Braunschweig 1877. Friedr. Vieweg u. Sohn.

[5]) S. Pick, Die künstlichen Düngemittel. 2. Aufl. Wien 1887.

[6]) W. Cohn, Die käuflichen Düngemittel. Braunschweig 1883. Friedr. Vieweg u. Sohn.

[7]) H. Gruner, Gewinnung und Verwerthung phosphorsäurehaltiger Düngemittel. Separatabdruck aus „Nachrichten aus dem Klub der Landwirthe zu Berlin". Berlin 1885.

[8]) A. Rümpler, Die käuflichen Düngestoffe. 3. Aufl. Berlin 1889.

[9]) Fr. Wyatt, The Phosphates of America. Newyork 1892.

[10]) M. Barth, Die künstlichen Düngemittel. 2. Aufl. Berlin 1893.

[11]) M. Ullmann, Die wasserlösliche Phosphorsäure. Hamburg 1893.

[12]) M. Gerlach, Neuerungen in der Düngerfabrikation, Chem.-Ztg. 1892, Nr. 41.

[13]) v. Gruber, Neuerungen in der Düngerfabrikation, Chem.-Ztg. 1893, Nr. 61.

B. Der Thomasphosphatmehlfabrikation.

[14]) M. Fleischer, Die Entphosphorung des Eisens durch den Thomasprocess. Berlin 1886.

[15]) R. Arens, Die Thomasschlacke. Dissertation. Wiesbaden 1886.

[16]) P. Wagner, Die Thomasschlacke. Darmstadt 1887.

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Jahres-Bericht über die
Erfahrungen und Fortschritte auf dem Gesammtgebiete
der Landwirthschaft.
Zum Gebrauche für praktische Landwirthe.

Herausgegeben von

Oekonomierath **Dr. Buerstenbinder,**
Generalsekretär des landwirthschaftlichen Centralvereins in Braunschweig
und **Dr. K. Stammer.**

1. Jahrgang. 1886. Mit 39 Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 8 ℳ., geb. 8 ℳ. 80 ₰

2. Jahrgang. 1887. Mit 33 Holzstichen und einer lithographirten Tafel. gr. 8. geh. Preis 8 ℳ., geb. 8 ℳ. 80 ₰

3. Jahrgang. 1888. Mit 46 Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 9 ℳ., geb. 9 ℳ. 80 ₰

4. Jahrgang. 1889. Mit 68 Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 10 ℳ., geb. 10 ℳ. 80 ₰

5. Jahrgang. 1890. Mit 103 Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 11 ℳ., geb. 11 ℳ. 80 ₰

6. Jahrgang. 1891. Mit 144 Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 8 ℳ., geb. 8 ℳ. 80 ₰

Herabgesetzter Preis für Jahrgang 1 — 6. Preis geh. zus. 40 ℳ., Preis geb. zus. 44 ℳ. 80 ₰

7. Jahrgang. 1892. Mit 167 Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 8 ℳ., geb. 8 ℳ. 80 ₰

8. Jahrgang. 1893. Herausgegeben von Oekonomierath Dr. Richard Buerstenbinder. Mit 161 Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 9 ℳ., geb. 9 ℳ. 80 ₰

Anleitung
zur
qualitativen chemischen Analyse.
Für Anfänger und Geübtere bearbeitet von
Dr. C. Remigius Fresenius,
Geh. Hofrathe und Professor, Director des chemischen Laboratoriums zu Wiesbaden.

Mit einem Vorwort von **Justus von Liebig.**

Fünfzehnte neu bearbeitete und verbesserte Auflage. Zweiter unveränderter Abdruck. Mit Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 11 ℳ.

Anleitung
zur
quantitativen chemischen Analyse.
Für Anfänger und Geübtere bearbeitet von
Dr. C. Remigius Fresenius,
Geh. Hofrathe und Professor, Director des chemischen Laboratoriums zu Wiesbaden.

Sechste neu bearbeitete und verbesserte Auflage.

Zwei Bände. Mit Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 30 ℳ.

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Handbuch der chemischen Technologie.

In Verbindung mit mehreren Gelehrten und Technikern bearbeitet und herausgegeben von

Dr. P. A. Bolley und **Dr. K. Birnbaum.**

Nach dem Tode der Herausgeber fortgesetzt von

Dr. C. Engler,

Geh. Hofrath und Professor der Chemie an der technischen Hochschule in Karlsruhe.

Acht Bände, die meisten in mehrere Gruppen zerfallend.

Mit Kupfertafeln und zahlreichen Holzstichen. gr. 8. geh. 1862—1893.

Band I.

I. Gruppe: Die chemische Technologie des Wassers: Siehe Neue Folge. Heft 3.

II. Gruppe: Das Beleuchtungswesen. Von Professor Dr. Bolley und Professor G. Wiedemann. Preis 6 ℳ.

II. Abthlg.: Die Industrie der Mineralöle. I. Theil: Die Erdöl-Industrie. Von Prof. Hans Höfer und Dr. Alexander Veith.

1. Liefrg.: Das Erdöl (Petroleum) und seine Verwandten. Von Prof. Hans Höfer. Preis 6 ℳ.
2. Liefrg.: Das Erdöl (Petroleum) und seine Verarbeitung. Von Dr. Alexander Veith. Preis 26 ℳ.

III. Gruppe: Die chemische Technologie der Brennstoffe. I. Abthlg. Von Dr. Ferd. Fischer. Liefg. 1 und 2. Preis zus. 13 ℳ.

III. Gruppe: — do. — II. Abthlg.: Die Industrie der Steinkohlentheer-Destillation und Ammoniakwasser-Verarbeitung. Von Dr. Georg Lunge. Preis 9 ℳ.

Band II.

I. Gruppe: Die Technologie der chemischen Producte, welche durch Grossbetrieb aus unorganischen Materialien gewonnen werden. Von Dr. P. Schwarzenberg und Dr. G. Lunge. Preis 55 ℳ.

II. Abthlg.: Die Stassfurter Kali-Industrie. Von Dr. Emil Pfeiffer. Preis 16 ℳ.

II. Gruppe: Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen. Siehe Neue Folge. Heft 1.

Band III.

I. Gruppe: Die Fabrikation des Glases. Siehe Neue Folge. Heft 2.

Band IV.

I. Gruppe: Die Bierbrauerei, Branntweinbrennerei und Liqueurfabrikation. Von Dr. Jul. Fr. Otto. Preis 10 ℳ.

II. Gruppe: Die Essig-, Zucker- und Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käsebereitung. Von Dr. J. Otto. Preis 9 ℳ. 50 ₰

III. Gruppe: Der Weinbau und die Weinbereitungskunde, sowie die Bereitung des Obstweins und Krauts. Von Dr. Fr. Mohr. Preis 2 ℳ. 50 ₰

Band V.

Chemische Verarbeitung der Pflanzen- und Thierfasern. Die Spinnfasern und die im Pflanzen- und Thierkörper vorkommenden Farbstoffe.

I. Gruppe: Die künstlich erzeugten organischen Farbstoffe. Von Prof. Dr. Bolley, Prof. Dr. E. Kopp, Dr. Rich. Meyer. Preis 25 ℳ. 20 ₰

II. Gruppe: Chemische Technologie der Gespinnstfasern, ihre Geschichte, Gewinnung, Verarbeitung und Veredlung. Von Prof. Dr. Otto N. Witt. Liefg. 1 und 2. Preis zus. 12 ℳ. 50 ₰

III. Gruppe: Die Fabrikation des Russes und der Schwärze aus Abfällen und Nebenproducten, insbesondere der Theer- und Mineralöl-Destillerien, Braunkohlenschweelereien, Weinsäurefabriken etc. Nach dem gegenwärtigen Stande dieser Industrie und unter Benutzung der besten Quellen bearbeitet von Dr. Hippolyt Köhler. Preis 5 ℳ.

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Handbuch der chemischen Technologie etc.

Band VI.

I. Gruppe: Die chemische Technologie der Baumaterialien und Wohnungseinrichtungen. I. Abthlg.: Chemische Technologie des Holzes als Baumaterial. Von Dr. A. Mayer. Preis 3 *M.* 60 ₰
II. Abthlg.: Chemische Technologie der Mörtelmaterialien. Von Prof. Dr. G. Feichtinger. Preis 12 *M.* 50 ₰
Die trocknenden Oele, ihre Eigenschaften, Zusammensetzung und Veränderungen etc. Von Louis Edgar Andés. Siehe Neue Folge. Heft 4.

II. Gruppe: Die Darstellung der Seifen, Parfümerien und Cosmetica. Von Dr. C. Deite. Preis 3 *M.*

III. Gruppe: Das Schiesspulver, die Zündhütchen- und Zündwaaren-Fabrikation. I. Abthlg.: Das Schiesspulver, dessen Geschichte, Fabrikation, Eigenschaften und Proben. Von Dr. J. Upmann. Preis 4 *M.* 50 ₰
II. Abthlg.: Explosivkörper und die Feuerwerkerei. Von Dr. E. Meyer. Preis 3 *M.*
III. Abthlg.: Die Zündwaaren-Fabrikation. Von Wladimir Jettel. Preis 2 *M.*

IV. Gruppe: I. Abthlg.: Grundzüge der Lederbereitung etc. Von Dr. Chr. Heinzerling. Preis 5 *M.* 50 ₰
II. Abthlg.: Die Fabrikation der Kautschuk- und Guttaperchawaaren, sowie des Celluloïds und der wasserdichten Gewebe. Von Dr. Chr. Heinzerling. Preis 8 *M.*

V. Gruppe: I. Abthlg.: Die Fabrikation des Papiers. Von Prof. Egbert Hoyer. Preis 20 *M.*

VI. Gruppe: II. Abthlg.: Handbuch der Sprengarbeit. Von Oscar Guttmann.

Band VII.

Die Metallurgie. Von Dr. C. Stölzel. Liefg. 1—8. Allgemeiner Theil. Specieller Theil der Metallgewinnung, Roheisen und Stabeisen. Stahl, Kupfer, Zink, Cadmium, Zinn, Blei, Silber, Gold, Platin, Quecksilber, Wismuth, Antimon, Arsen, Nickel und Kobalt, Wolfram, Aluminium. Preis 42 *M.*

Band VIII.

I. Abthlg.: Die Metallverarbeitung. Von Prof. A. Ledebur. Preis 7 *M.*

II. Abthlg.: Die Verarbeitung der Metalle. Die Erzeugung der Eisen- und Stahlschienen. Von Alphons Petzholdt. Preis 2 *M.*

Bolley-Birnbaum's Technologie. *Neue Folge.*

1. Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen. Von Dr. Hugo Fleck. Zweite Auflage. Mit 45 Holzstichen. Preis 3 *M.* 20 ₰
2. Die Glasfabrikation. Von Dr. H. Benrath. Mit 201 Holzstichen. Preis 10 *M*
3. Die chemische Technologie des Wassers. Von Dr. Ferdinand Fischer. Mit 271 Holzstichen. Preis 11 *M.* 60 ₰
4. Die trocknenden Oele, ihre Eigenschaften, Zusammensetzung und Veränderungen etc. Von L. E. Andés. Mit 49 Holzstichen. Preis 5 *M.* 20 ₰
5. Die Industrie des Steinkohlentheers und Ammoniaks. Von Dr. Georg Lunge. Dritte Auflage. Mit 195 Holzstichen. Preis 20 *M.*
6. Mineralgerbung mit Metall-Salzen und Verbindungen aus diesen mit organischen Substanzen als Gerbemittel. Von Dr. F. L. Knapp. Preis 2 *M.*
7. Handbuch der Soda-Industrie und ihrer Nebenzweige. Von Professor Dr. Georg Lunge. Zweite vollkommen umgearbeitete Auflage. Erster Band: Handbuch der Schwefelsäure-Fabrikation. Mit 396 eingedruckten Holzstichen. Preis 30 *M.*

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Jahrbuch der Chemie.

Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie

unter Mitwirkung von **H. Beckurts**-Braunschweig, **R. Benedikt**-Wien, **C. A. Bischoff**-Riga, **E. F. Dürre**-Aachen, **J. M. Eder**-Wien, **C. Häussermann**-Stuttgart, **G. Krüss**-München, **M. Märcker**-Halle, **W. Nernst**-Göttingen, **F. Röhmann**-Breslau.

Herausgegeben von

Richard Meyer

Braunschweig.

I. Jahrgang. 1891. gr. 8. In Leinen geb. Preis 12 ℳ., in Halbfranz geb. 13 ℳ. 50 ₰

II. Jahrgang. 1892. gr. 8. In Leinen geb. Preis 12 ℳ., in Halbfranz geb. 13 ℳ. 50 ₰

III. Jahrgang. 1893. gr. 8. In Leinen geb. Preis 15 ℳ., in Halbfranz geb. 16 ℳ. 50 ₰

Jahresbericht

über die Fortschritte der

Chemie

und verwandter Theile anderer Wissenschaften.

Begründet von **J. Liebig** und **H. Kopp**

unter Mitwirkung von

A. Bornträger, O. T. Christensen, A. Elsas, H. Erdmann, W. Fahrion, A. Fock, O. Fuchs, C. Hell, A. Kehrer, C. Kleber, H. Klinger, F. W. Küster, C. Laar, E. Ludwig, F. Nies, W. Ostwald, A. Partheil, W. Roser, H. Salkowski, F. W. Schmidt, A. Smita, W. Sonne, W. Suida, A. Weltner, H. Weyer

herausgegeben von

F. Fittica.

Für 1886. In **sechs** Heften. gr. 8. geh. Complet. Preis 60 ℳ.
Für 1887. In **sechs** Heften. gr. 8. geh. Complet. Preis 70 ℳ.
Für 1888. In **sieben** Heften. gr. 8. geh. Complet. Preis 75 ℳ.
Für 1889. 1. bis **5.** Heft. gr. 8. geh. Preis 52 ℳ. 50 ₰
Für 1890. 1. Heft. gr. 8. geh. Preis 11 ℳ.

Regnault-Strecker's
Kurzes Lehrbuch der Chemie.

Bearbeitet von

Dr. Johannes Wislicenus,

Professor der Chemie an der Universität zu Würzburg.

In zwei Bänden. 8. geh.

Erster Band. **Anorganische Chemie.** Neunte verbesserte Auflage. Mit Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. Preis 12 ℳ.

Zweiter Band. **Organische Chemie.** Sechste verbesserte Auflage. Mit Holzstichen. Preis 15 ℳ.

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Muspratt's
Theoretische, praktische und analytische
Chemie
in Anwendung auf Künste und Gewerbe.

Encyklopädisches Handbuch der Technischen Chemie
von
F. Stohmann und **Bruno Kerl.**
Vierte Auflage
unter Mitwirkung von

E. Beckmann, R. Biedermann, H. Bunte, E. v. Cochenhausen, E. Drechsel, H. Drehschmidt, C. Engler, A. Frank, H. Meidinger, E. v. Meyer, F. Pampe, F. Soxhlet, A. Stohmann, H. W. Vogel, Cl. Winkler und anderen Gelehrten und Fachmännern.

Acht Bände. Mit zahlreichen Holzstichen. hoch 4. geh.
In Lieferungen à 1 ℳ. 20 ₰.

Inhalt:

Aether. Aetherische Oele. Alkaloide. Alkohol. Aluminium. Ammoniak. Anilin- und sonstige Theerfarbstoffe. Antimon. Arsen. Asphalt. Baryum. Beryllium. Bier. Blei. Bleichen u. Zubereitung der Gespinnstfasern. Bor. Brom. Brot. Cadmium. Cäsium und Rubidium. Calcium. Cermetalle. Chlor. Chloral. Chlorkalk. Chloroform. Chrom. Citronensäure. Conservirung von Nahrungsmitteln u. Gebrauchsgegenständen. Cyan. Desinfection. Dextrin. Didym s. Cer. Düngstoffe. Eisen. Eiweiss. Emaille. Erbium s. Yttrium. Essigsäure. Farbstoffe u. Färberei. Fette u. Oele. Firniss. Fluor. Gallium. Galvanoplastik. Gasanalyse. Gerberei. Germanium. Glas. Gold. Gummi. Harze. Harzöle. Heizstoffe. Indium. Jod. Kalium. Kautschuk. Kitt. Knochenkohle. Kobalt. Kohlenstoff. Kupfer. Lanthan s. Cermetalle. Leim. Leuchtstoffe. Lithium. Löthrohranalyse. Luft, atmosphärische. Magnesium. Mangan. Mineralöl s. Paraffin. Mineralwasser, künstliches. Molkereiproducte. Molybdän. Nahrungsmittel. Natrium. Nickel. Niobium u. Tantal. Osmium s. Platinmetalle. Oxalsäure. Palladium s. Platinmetalle. Papier. Paraffin u. Mineralöle. Parfümerie. Petroleum. Phosphor. Photographie. Platinmetalle. Quecksilber. Rhodium s. Platinmetalle. Rubidium s. Cäsium. Salpetersäure. Sauerstoff. Scandium. Schiesspulver und sonstige Explosivstoffe. Schwefel. Seife. Silber. Silicium. Spectralanalyse. Stärke. Steinkohlentheerproducte. Stickstoff. Strontium. Tantal s. Niobium. Tellur. Thallium. Thonwaarenindustrie. Thorium. Tinte. Titan. Traubenzucker. Ultramarin. Uran. Vanadin. Volumetrische Analyse. Wasser. Wasserstoff. Wein. Weinsäure. Wismuth. Wolfram. Yttrium und Erbium. Zink. Zinn. Zirkonium. Zucker. Zündrequisiten.

Erschienen ist: **Erster bis vierter Band complet.** geh. Preis zus. 156 ℳ. — In Halbfranzband **geb.** Preis zus. 166 ℳ. 40 ₰. — Einbanddecken in Halbfranz, Deckel mit Leinen bezogen zu Band I. bis IV. Preis zus. 5 ℳ. 60 ₰

V. Band. 1. bis 11. Lieferung. (Leim bis Leuchtstoffe.)
Preis zus. 18 ℳ. 20 ₰.

Siede- und Schmelzpunkt,
ihre Theorie und praktische Verwerthung
mit besonderer Berücksichtigung organischer Verbindungen.
Von Prof. **W. Nernst** und Dr. **A. Hesse.**
Mit 11 Abbildungen. 8. geh. Preis 2 ℳ., in Leinwand geb. 2 ℳ. 40 ₰

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Chemisch-technische Analyse.

Handbuch der analytischen Untersuchungen
zur
Beaufsichtigung des chemischen Grossbetriebes und zum Unterrichte.

Unter Mitwirkung von

L. Aubry, E. Borgmann, C. Deite, H. Drehschmidt, C. Engler, C. Heintzel, Chr. Heinzerling, A. Jena, G. Kraemer, A. Ledebur, M. Liebig, C. J. Lintner, S. Marasse, F. Muck, M. Müller, E. Noelting, W. Olschewsky, B. Rathke, O. Reinke, A. Schertel, H. Schwarz, C. Stünkel, P. Wagner, E. Weingärtner, A. Weinhold,

herausgegeben von

Dr. Julius Post,

Professor an der technischen Hochschule zu Hannover.

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. In zwei Bänden.
Mit zahlreichen Holzstichen. gr. 8. geh.

Erster Band.

1. Lieferung. Wasser und Wärme. 1. Wasser von C. Stünkel. — 2. Bestandtheile der Brennstoffe von F. Muck. — 3. Heizwerth der Brennstoffe von B. Rathke. — 4. Pyrometrie von A. Weinhold. — 5. Generator- und Rauchgase von H. Drehschmidt. Preis 3 ℳ. 50 ₰

2. Lieferung. Industrie der Kohlenwasserstoffe der Methanreihe und Fette. 6. Leuchtgas von H. Drehschmidt. — 7. Die festen und flüssigen Kohlenwasserstoffe des Mineralreichs von C. Engler. — 8. Fette, Oele, Seife etc. von C. Deite. Preis 7 ℳ. 50 ₰

3. Lieferung. Metalle und Metallsalze. 9. Metalle von A. Ledebur und A. Schertel. — 10. Metallsalze von C. Stünkel. Preis 6 ℳ. 50 ₰

4. Lieferung. Chemische Grossindustrie. 11. Anorganische Säuren, Alkalisalze und Chlorkalk von M. Liebig. — 12. Kunstdünger von P. Wagner. Preis 5 ℳ. 50 ₰

Zweiter Band.

1. Lieferung. Kalk, Cement, Gyps, Thonwaaren, Glas. 13. Kalk, Cement, Gyps von C. Heintzel. — 14. Thonwaaren von W. Olschewsky. — 15. Glas von M. Müller. Preis 3 ℳ.

2. Lieferung. Stärke, Dextrin, Zucker, Gährungsgewerbe. 16. Stärke, Dextrin, Traubenzucker, Rübenzucker von A. Jena. — 17. Wein von E. Borgmann. — 18. Bier von L. Aubry und C. J. Lintner. — 19. Spiritus von O. Reinke. — 20. Essig, Holzgeist etc. von C. Stünkel. Preis 9 ℳ.

3. Lieferung. Farbstoffe, Färberei, Gerberei, Leim, Explosiv- und Zündstoffe. 21. Industrie des Steinkohlentheers, der Farbstoffe, Färberei und Zeugdruckerei von E. Noelting und E. Weingärtner. — 22. Gerberei, Kautschuk und Guttapercha von Chr. Heinzerling. — 23. Leim von S. Marasse. — 24. Explosiv- und Zündstoffe von H. Schwarz. Preis 9 ℳ.

Jede Lieferung ist einzeln zu haben.
(Complet in zwei Bänden. Preis zus. 44 ℳ.)

Kurzes Lehrbuch der Chemie

nach den neuesten Ansichten der Wissenschaft von

H. E. Roscoe und **Carl Schorlemmer,**

Professoren der Chemie an der Victoria-Universität, Manchester.

Neunte vermehrte Auflage. Mit Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. 8. Preis geh. 5 ℳ. 50 ₰, geb. 6 ℳ. 50 ₰

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Technologisches Wörterbuch
in englischer und deutscher Sprache.

Die Wörter und Ausdrucksweisen in Civil- und Militär-Baukunst; Schiffsbau; Eisenbahnbau; Strassen-, Brücken- und Wasserbau; Mechanik und Maschinenbau; Technologie; Künste; Gewerbe und Fabrikindustrie; Landwirthschaft; Handel und Schifffahrt; Bergbau und Hüttenkunde; Geschützwesen; Physik; Chemie; Mathematik; Astronomie; Mineralogie; Botanik etc. umfassend.

In Verbindung mit P. R. Bedson, O. Brandes, M. Brütt, Ch. A. Burghardt, Th. Carnelly, J. J. Hummel, J. G. Lunge, J. Lüroth, G. Schäffer, W. H. M. Ward, W. Carleton Williams, bearbeitet und herausgegeben von

Gustav Eger,

Professor an der grossh. hessischen technischen Hochschule zu Darmstadt und beeidigtem Uebersetzer der grossh. Ministerien.

In zwei Theilen. Lexicon-Octav.

Erster Theil. **Englisch-Deutsch.** Technisch durchgesehen und vermehrt von Otto Brandes, Chemiker. Preis geh. 9 ℳ., geb. 10 ℳ. 50 ₰

Zweiter Theil. **Deutsch-Englisch.** Technisch durchgesehen und vermehrt von Otto Brandes, Chemiker. Preis geh. 11 ℳ., geb. 12 ℳ. 50 ₰

Graham-Otto's
ausführliches Lehrbuch der Chemie.

Fünf Bände.

Mit Holzstichen und einer farbigen Tafel. gr. 8. geh.

Erster Band: **Physikalische und theoretische Chemie.** Bearbeitet von Prof. Dr. A. Horstmann, Prof. Dr. H. Landolt und Prof. Dr. A. Winkelmann. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage des in den früheren Auflagen von Buff, Kopp und Zamminer bearbeiteten Werkes. In 3 Abtheilungen.

Erste Abtheilung. Physikalische Lehren von Dr. A. Winkelmann, Professor der Physik an der Akademie Hohenheim. Preis 13 ℳ

Zweite Abtheilung. Theoretische Chemie einschliesslich der Thermochemie von Dr. A. Horstmann, Professor an der Universität Heidelberg. Preis 13 ℳ.

Dritte Abtheilung. Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung der Körper. Unter Mitwirkung mehrerer Gelehrten herausgegeben von Dr. H. Landolt, Professor an der Universität Berlin.
Erste Hälfte. Preis 10 ℳ.

Zweiter Band: **Anorganische Chemie.** Neu bearbeitet von Professor Dr. A. Michaelis. Fünfte umgearbeitete Auflage. In 4 Abtheilungen. Preis 110 ℳ.

Dritter bis fünfter Band: **Organische Chemie.**

Dritter Band. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. Von Professor Dr. Ernst von Meyer. Preis 17 ℳ.

Vierter Band. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. Von Professor Dr. Ernst von Meyer. In 3 Abtheilungen. Preis 24 ℳ.

Fünfter Band. Bearbeitet von Prof. Dr. E. von Meyer und Prof. Dr. A. Weddige in Leipzig und Prof. H. v. Fehling in Stuttgart. In 2 Abtheilungen. Herabgesetzter Preis 16 ℳ.

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Gorup-Besanez'
Lehrbuch der Chemie

für den Unterricht auf Universitäten, technischen Lehranstalten und für das Selbststudium.

In drei Bänden. gr. 8. geh.

Erster Band: **Anorganische Chemie.** Siebente Auflage, neu bearbeitet von Albrecht Rau. Mit zahlreichen eingedruckten Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. Preis 12 ℳ.

Zweiter Band: **Organische Chemie.** Sechste Auflage, neu bearbeitet von Dr. Hermann Ost, Privatdocent der Chemie an der Universität zu Leipzig. Mit Holzstichen. Preis 12 ℳ.

Dritter Band: **Physiologische Chemie.** Vierte, vollständig umgearbeitete und verbesserte Auflage. Von Professor Dr. E. F. v. Gorup-Besanez. Mit einer Spectraltafel im Texte und drei Tafeln in Holzstich, den Münchener Respirations-Apparat darstellend. Preis 19 ℳ.

Neues Handwörterbuch der Chemie.

Auf Grundlage des von Liebig, Poggendorff und Wöhler, Kolbe und Fehling herausgegebenen Handwörterbuchs der reinen und angewandten Chemie und unter Mitwirkung von

Baumann, Bunsen, Fittig, Flückiger, Fresenius, Hesse, Kekulé, Kopp, Meyer, Wichelhaus und anderen Gelehrten bearbeitet und redigirt von

Dr. Hermann v. Fehling,

weil. Professor der Chemie an der Königlichen Technischen Hochschule in Stuttgart

Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt von

Dr. Carl Hell,

Professor der Chemie an der Königl. Technischen Hochschule in Stuttgart.

Mit Holzstichen. gr. 8. geh.

Erschienen ist: Lieferung 1 bis 76 (A bis Spaltpilze). 1871 — 1894.
à Lieferung 2 ℳ. 40 ₰. Preis 182 ℳ. 40 ₰

Factoren-Tabellen

zur Ausführung chemischer Rechnungen mittels der von L. Meyer und K. Seubert gegebenen **Atomgewichte** berechnet von

Joaquim dos Santos e Silva,

Leiter der praktischen Uebungen im chemischen Laboratorium der Universität Coimbra (Portugal).

8. Cart. in Leder-Imitation. Preis 2 ℳ.

Die käuflichen Düngemittel,

ihre Darstellung und Verwendung. Eine technisch-landwirthschaftliche Studie von

Dr. Wilhelm Cohn.

gr. 8. geh. Preis 1 ℳ. 20 ₰

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Kurzes

Lehrbuch der organischen Chemie

von **Prof. Dr. A. Bernthsen,**

Vorstand des Hauptlaboratoriums der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen am Rhein, früher Professor an der Universität zu Heidelberg.

Vierte Auflage, bearbeitet unter Mitwirkung von

Dr. Eduard Buchner,

Privatdocent an der Universität zu München.

8. geh. Preis 10 ℳ., geb. 10 ℳ. 80 ₰

Ausführliches Lehrbuch der Chemie.

Von **H. E. Roscoe** und **Carl Schorlemmer,**

Professoren der Chemie an der Victoria-Universität, Manchester.

Erster Band: **Nichtmetalle. Zweite vermehrte Auflage.** Mit zahlreichen Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 12 ℳ.

Zweiter Band: **Die Metalle und Spectralanalyse. Zweite vermehrte Auflage.** Mit zahlreichen Holzstichen, 2 farbigen und 2 photographischen Spectraltafeln. gr. 8. geh. Preis 18 ℳ.

Dritter Band: **Die Kohlenwasserstoffe und ihre Derivate oder Organische Chemie, erster Theil.** Mit zahlreichen Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 24 ℳ.

Vierter Band: **Die Kohlenwasserstoffe und ihre Derivate oder Organische Chemie, zweiter Theil.** Mit zahlreichen eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 24 ℳ.

Fünfter Band: **Die Kohlenwasserstoffe und ihre Derivate oder Organische Chemie, dritter Theil.** Mit Holzstichen. gr. 8. geh.

Erste Abtheilung. Preis 9 ℳ.

Hülfsbuch

zur Ausführung chemischer Arbeiten

für Chemiker, Pharmaceuten und Mediciner

von **Dr. Hugo Schwanert,**

ordentl. Professor der Chemie an der Universität zu Greifswald.

Dritte umgearbeitete Auflage. Mit 6 Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. gr. 8. geh. Preis 8 ℳ.

Lehrbuch der Kohlenstoffverbindungen

oder der organischen Chemie

von **Carl Schorlemmer.**

(Zugleich als zweiter Band von Roscoe-Schorlemmer's „Kurzem Lehrbuch der Chemie".)

Dritte verbesserte Auflage. Mit Holzstichen. 8. geh. Erste Hälfte. Preis 7 ℳ. — Zweite Hälfte. 1. u. 2. Abtheilung. Preis zus. 12 ℳ.

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Lehrbuch der Chemie

nach den neuesten Ansichten der Wissenschaft für den Unterricht an technischen Lehranstalten bearbeitet von

Dr. Max Zaengerle,

Professor am Königlichen Realgymnasium zu München.

Erster Band. **Unorganische Chemie.** Dritte vermehrte Auflage. Mit 152 Holzstichen und 1 Tafel in Farbendruck. gr. 8. geh. Preis 6 ℳ.

Zweiter Band. **Organische Chemie.** Dritte vermehrte Auflage. Mit 31 Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 3 ℳ.

Grundriss der Chemie

nach den neuesten Ansichten der Wissenschaft für den Unterricht an Mittelschulen, besonders Gewerbe-, Handels- und Realschulen

bearbeitet von

Dr. Max Zaengerle,

Professor am Königlichen Realgymnasium zu München.

Erster Theil. **Anorganische Chemie.** Dritte Auflage. Mit eingedruckten Holzstichen und 1 farbigen Tafel. gr. 8. geh. Preis 2 ℳ. 80 ₰

Zweiter Theil. **Organische Chemie.** Dritte Auflage. Mit eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 1 ℳ. 40 ₰

Die Fabrikation chemischer Producte

aus thierischen Abfällen.

Auf Grund selbstständiger Erfahrungen und mit Berücksichtigung der neuesten Verbesserungen bearbeitet von

Dr. Hugo Fleck,

K. S. Hofrath. Professor der Chemie und Vorstand der Königl.-Chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden.

Zweite Auflage. Mit 45 Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 3 ℳ. 20 ₰

Die Industrie

des

Steinkohlentheers und Ammoniaks.

Von **Dr. Georg Lunge,**

Professor der technischen Chemie am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich.

Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 195 eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 20 ℳ.

Die Chemie des Steinkohlentheers

mit besonderer Berücksichtigung der künstlichen organischen Farbstoffe von

Dr. Gustav Schultz.

Zweite vollständig umgearbeitete Auflage.

Erster Band. **Die Rohmaterialien.** Mit zahlreichen eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 26 ℳ.

Zweiter Band. **Die Farbstoffe.** Mit eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 43 ℳ.

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Anleitung zur Untersuchung
der für die Zucker-Industrie
in Betracht kommenden Rohmaterialien, Producte, Nebenproducte und Hülfssubstanzen.

Von **Dr. R. Frühling** und **Dr. J. Schulz,**
gerichtl. vereid. Handels-Chemiker, Direction der Schule für Zucker-Industrie zu Braunschweig.

Zum Gebrauche zunächst für die Laboratorien der Zuckerfabriken, ferner für Chemiker, Fabrikanten, Landwirthe und Steuerbeamte, sowie für landwirthschaftliche und polytechnische Schulen.

Vierte vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 119 Holzstichen. gr. 8. Preis geh. 12 *M.*, geb. 12 *M.* 80 ₰

Handbuch der Soda-Industrie
und ihrer Nebenzweige.

Von **Dr. Georg Lunge,**
Professor der technischen Chemie am eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich.

Zweite vollkommen umgearbeitete Auflage.

Erster Band. **Handbuch der Schwefelsäure-Fabrikation.** Mit 396 eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 30 *M.*

(Zugleich als siebente Lieferung von Bolley-Engler's Handbuch der chemischen Technologie. Neue Folge.)

Handbuch der Kali-Industrie.
Die Bildung der Salzlager von Stassfurt und Umgegend, sowie von Kalusz und Beschreibung dieser Salzlager.

Die technische Gewinnung der Kalisalze aus den natürlich vorkommenden Salzen mit ihren Nebenzweigen und Anwendung der Kalisalze in der Landwirthschaft.

Von **Dr. Emil Pfeiffer,**
Fabrikdirector a. D. in Jena.

Mit einer Karte, 2 lithographirten Tafeln und 127 eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 16 *M.*

Anleitung
zur
Untersuchung der künstlichen Düngemittel
und ihrer Rohstoffe,
mit Berücksichtigung der unter den Agriculturchemikern vereinbarten Untersuchungsmethoden sowie der Prüfung auf Verunreinigungen und Verfälschungen.

Für Chemiker, Techniker und Fabrikanten bearbeitet von
Dr. C. Schumann.

Mit Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 2 *M.* 80 ₰

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Lehrbuch der anorganischen Chemie

nach den neuesten Ansichten der Wissenschaft von

Dr. Ph. Th. Büchner,

ordentlicher Professor der Chemie und Vorstand des chemischen Laboratoriums an der grossh. technischen Hochschule zu Darmstadt.

Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Mit Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. gr. 8. geh. Preis 18 *M.*

Die Chemie

in ihrer Anwendung auf

Agricultur und Physiologie.

Von **Justus von Liebig.**

Neunte Auflage. Im Auftrage des Verfassers herausgegeben von

Dr. Ph. Zöller,

K. K. Regierungsrath und ordentlicher Professor der Chemie an der K. K. Hochschule für Bodencultur zu Wien.

gr. 8. geh. Preis 16 *M.* 60 ₰

Die zweckmässige Anwendung der künstlichen Dünger

nebst einem Anhang:

Ueber Versuchswirthschaften als Ergänzung der Versuchsstationen.

Von **Hermann von Liebig.**

gr. 8. geh. Preis 1 *M.*

Friedrich Mohr's Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrirmethode.

Neu bearbeitet von

Dr. Alexander Classen,

Professor der Chemie an der Königlichen Technischen Hochschule zu Aachen und Vorstand des anorganischen Laboratoriums.

Für Chemiker, Aerzte, Pharmaceuten, Berg- und Hüttenmänner, Fabrikanten, Agronomen, Metallurgen, Münzbeamte etc.

Sechste umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 201 Holzstichen und angehängten Berechnungstabellen. gr. 8. geh. Preis 20 *M.*

Lehrbuch der Düngerfabrikation

und Anleitung zur chemischen Untersuchung der Handelsdünger

von **Dr. Paul Wagner,**

Vorstand der landwirthschaftlichen Versuchsstation Darmstadt.

Mit Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 5 *M.* 20 ₰

Vögl

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Schucht, Ludwig

Die Fabrikation des Superphosphats und Thomasphosphatmehls ein Hülfsbuch für den Düngerchemiker im Betriebe und Laboratorium

Braunschweig 1894
Techn. 190 s
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11889410-9